

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2000-511306  
(P2000-511306A)

(43) 公表日 平成12年 8 月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード\* (参考)

G 0 2 B 27/02

G 0 2 B 27/02

Z

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 105 頁)

(21) 出願番号 特願平10-517589  
(86) (22) 出願日 平成9年10月2日 (1997.10.2)  
(85) 翻訳文提出日 平成11年4月8日 (1999.4.8)  
(86) 国際出願番号 PCT/US 97/17620  
(87) 国際公開番号 WO 98/15868  
(87) 国際公開日 平成10年4月16日 (1998.4.16)  
(31) 優先権主張番号 60/027,998  
(32) 優先日 平成8年10月8日 (1996.10.8)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)  
(31) 優先権主張番号 08/844,098  
(32) 優先日 平成9年4月18日 (1997.4.18)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 ザ マイクロオプティカル コーポレイシ  
ョン  
アメリカ合衆国 02090 マサチューセッ  
ツ州 ウェストウッド サウスウエスト  
パーク 33  
(72) 発明者 スピッツァー, マーク, ビー.  
アメリカ合衆国 02067 マサチューセッ  
ツ州 シャロン ミンク トラップ レー  
ン 5  
(74) 代理人 弁理士 秋元 輝雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼鏡及びフェースマスクに対するイメージコンバイニングシステム

(57) 【要約】

光学システムは、メインレンズ (300) により形成された第1のイメージを電子ディスプレイ、スライド又は他のイメージソース (320) により提供される第2のイメージと組み合わせる。このイメージコンバイニングシステムは、反射イメージコンバイナー・セットのような前記メインレンズ内の光路にそってユーザーの目へ光線を再び向ける一つ又は一つ以上のインサートを含む。このイメージコンバイニングシステムは、極めてコンパクトのもので、眼鏡又はダイバーのマスクのようなフェースマスクにディスプレイシステムを一体化できる。いくつかの器具又は光学システムがカメラのようなイメージ捕捉に使用のものを含む他のタイプのイメージングレーションを可能にする。

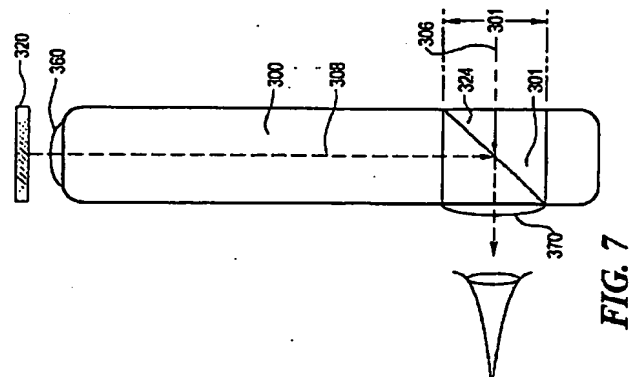


FIG. 7

## 【特許請求の範囲】

1. ユーザーの目と共に使用するイメージコンバイニング・レンズシステムであり、以下の構成を備える該レンズシステム：

周囲の光線を第1のレンズを介して概ね対向する面に通すように構成された概ね対向する面をもつ少なくとも第1のレンズ；

第1のレンズの内部に配置されて前記周囲の光線から分かれているイメージソースから光線を受ける光路であって、少なくとも一部が前記概ね対向の面にそい、そして、それらの間に配置されている光路；及び

前記第1のレンズの内部に配置されていて、前記第1のレンズからユーザーの目へ前記光路の一部の光線を再び向けるインターフェースを備えるインサート。

2. 前記インサートは、屈折率を異にし、前記インサートにより分けられている二つのマテリアルズからなる請求項1のシステム。

3. 前記インターフェースは、前記二つのマテリアルズの間にエアーギャップを備える請求項2のシステム。

4. 前記インサートはビームコンバイナーからなる請求項1のシステム。

5. 前記ビームコンバイナーは、リバースされたビームスプリッターからなる請求項4のシステム。

6. 前記インサートは、偏光ビームスプリッターからなる請求項1のシステム。

7. 前記インターフェースは、全部が内部反射する請求項1のシステム。

8. 前記インサートは、半透過ミラーからなる請求項1のシステム。

9. 前記インターフェースは、平らである請求項1のシステム。

10. 前記インターフェースは、カーブしていて、予め選んだ光学パワー提供する請求項1のシステム。

11. 見ようとするイメージを正しく位置させるために予め選択された角度で前記インターフェースが配置されている請求項1のシステム。

12. 前記インターフェースは、光路をスプリットする干渉コーティングを

含む請求項 1 のシステム。

13. 前記インサートは、ホログラフィコンバイナーからなる請求項 1 のシステム。

14. 前記レンズシステムは、さらに、前記インターフェースとユーザーの目との間の光路に配置された第 2 のレンズを備え、予め選択された拡大を行う請求項 1 のシステム。

15. 前記第 2 のレンズは、前記インサートからエアーギャップを介し離れている請求項 14 のシステム。

16. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズと一体になっている請求項 14 のシステム。

17. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズに接着している請求項 14 のシステム。

18. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズにモールドされている請求項 14 のシステム。

19. 前記第 2 のレンズは、色収差を補正したレンズである請求項 14 のシステム。

20. 付加のレンズを備え、此のレンズは、前記インサートと、前記付加のレンズを通る周囲の光線の一部との間にあって、前記周囲の光線が所望の拡大倍率をもつように前記第 2 のレンズの光学パワーに対抗するように予め選択された光学パワーをもつ請求項 14 のシステム。

21. 前記レンズシステムは、さらに、前記インターフェースとイメージソースとの間の光路に配置され、所望の拡大倍率になるように予め選択されている第 2 のレンズを備える請求項 1 のシステム。

22. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズからエアーギャップを介して離れている請求項 20 のシステム。

23. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズと一体になっている請求項 20 のシステム。

24. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズに接着している請求項 20 の

システム。

25. 前記第2のレンズは、前記第1のレンズにモールドされている請求項20のシステム。

26. 前記第2のレンズは、色収差を補正したレンズである請求項20のシステム。

27. 前記レンズシステムは、前記光路に配置され、所望の拡大を行い、レンズ収差を思い通りに補正するように予め選択されているさらに別のレンズセットを備える請求項1のシステム。

28. 別のインサートが前記第1のレンズの内部に配置され、この別のインサートは、前記インサートとイメージソースとの間に配置されて、前記光路の一部にあって前記イメージソースからの光線をユーザーの目へ再び向けるようにする請求項1のシステム。

29. 前記別のインターフェースは、全部が内部反射する請求項28のシステム。

30. 前記別のインサートは、ビームコンバイナーからなる請求項28のシステム。

31. 前記別のインサートは、ミラーからなる請求項28のシステム。

32. 前記別のインサートは、周囲の光線で前記イメージソースの照明を助けるように配置されているビームスプリッターからなる請求項28のシステム。

33. 前記別のインターフェースと前記イメージソースとの間の光路に配置されて、予め選択された拡大を行う別のレンズを備える請求項28のシステム。

34. 前記インサートと前記イメージソースとの間に配置され、前記光路の一部にあって前記イメージソースからの光線をユーザーの目へ再び向けるようにするミラーを備える請求項28のシステム。

35. 前記ミラーが前記第1のレンズのエッジに取り付けられている請求項34のシステム。

36. 前記光路における強烈なビームにより損傷されるように予め選択され

た熱伝導性をもつ MATERIAL の層をさらに含む請求項 34 のシステム。

37. 前記ミラーは、更に、強烈なビームが前記光路に焦点を結ばないように予め選択された熱膨張係数をもつ MATERIAL 層を含む請求項 34 のシステム。

38. 少なくとも一つの視野レンズが前記インサートと前記イメージソースとの間の光路の一部にそって前記第1のレンズ内に配置されている請求項1のシステム。

39. 前記インサートに近接して前記概ね対向の面の一方に配置されて、前記インサートを周囲の光線が通過するのを防ぐ不透明のディスクを備える請求項1のシステム。

40. 前記第1のレンズ内で、前記インサートと前記対向の面の一方との間に配置されている反射要素をさらに備え、前記インターフェースは、前記イメージソースからの光線を前記反射要素へ再び向けるように反射し、さらに、前記反射要素から再反射又は送られる光線を前記対向の面の他方へ送るように透過性であり、これによって、ユーザーが空間にヴァーチャルイメージを知覚する請求項1のシステム。

41. 前記反射要素は、カーブしていて、前記反射要素からの反射光線の両眼転導を改めるようになっている請求項40のシステム。

42. 前記インサートは、ハーフシルバーめっきされたミラー又はビームスプリッターキューブからなる請求項40のシステム。

43. 前記インサートが偏光ビームスプリッターからなり、偏光ローテーターが前記反射要素と前記インサートとの間に配置されている請求項40のシステム。

44. 前記インターフェースに光学コーティングをさらに備える請求項40のシステム。

45. 前記反射要素に光学コーティングをさらに備える請求項40のシステム。

46. 前記第1のレンズ内で、前記インサートに近接して配置されている反射要素をさらに備え、前記インターフェースは、前記イメージソースからの光線

を透過し、前記反射要素からの光線を反射して、前記対向の面の一方へ光線を再び向け、これによって、ユーザーが空間にヴァーチャルイメージを知覚する請求項1のシステム。

47. 前記反射要素は、カーブしていて、前記反射要素からの反射光線の両眼転導を改めるようになっている請求項46のシステム。

48. 前記インサートは、ハーフシルバーめっきされたミラー又はビームスプリッターキューブからなる請求項46のシステム。

49. 前記インサートが偏光ビームスプリッターからなり、偏光ローテーターが前記反射要素と前記インサートとの間に配置されている請求項46のシステム。

50. 前記インターフェースに光学コーティングをさらに備える請求項48のシステム。

51. 前記反射要素に光学コーティングをさらに備える請求項48のシステム。

52. 光学的に前記レンズシステムと通じているビームスキャンングアッセンブリーをさらに備える請求項46のシステム。

53. 前記インサートは、二対のインターフェースを備え、これらは、前記光路にそってユーザーの目への代替光路に光線を再び向け、視野を広げる請求項1のシステム。

54. 前記第1のレンズには、ユーザーの視界を補正するように予め選択された曲率が付与されている請求項1のシステム。

55. 以下の構成を備えるユーザーの頭部に請求項1のレンズシステムを装着する頭部装着イメージコンバイニングシステム：

ユーザーの頭部で支持されるようになっている支持フレーム；及び

前記支持フレームに支持されてユーザーの目の前にある請求項1のレンズシステム。

56. さらに、前記光路の別の部分を備え、この別の部分は、前記支持フレームにより支持され、前記イメージソースから前記レンズシステムの内部に配置

されている光路の一部に光線を向けるように配置されている請求項55のシステム。

57. 前記光路の別の部分の光線を前記光路の一部に再び向ける別のインターフェースをさらに備える請求項56のシステム。

58. 前記光路のさらなる部分がイメージリレイからなる請求項56のシステム。

59. 前記イメージリレイがレンズリレイからなる請求項58のシステム。

60. 前記イメージリレイがコヒーレントのオプティカルファイバーバンドルからなる請求項58のシステム。

61. 前記イメージリレイが屈折率分布型レンズイメージ導管からなる請求項58のシステム。

62. 前記イメージリレイと前記レンズシステムとに調節可能なマウントを取り付けて、前記光路の別のさらなる部分を前記光路の部分に結合した請求項58のシステム。

63. 前記調節可能なマウントは、前記支持フレームに取り付けられた第1のチューブと、前記イメージリレイの端部に摩擦係合して前記第1のチューブ内にスライド自由に受けられている第2のチューブとを備え、これによって、前記光路の別の部分が前記光路の部分に対し調節可能になっている請求項62のシステム。

64. 前記調節可能なマウントは、前記支持フレームに取り付けられる内部にねじがきつてあるチューブと、前記イメージリレイの端部に取り付けられ、前記内部にねじがきつてあるチューブに螺合される外部にねじがきつてあるチューブとを備え、これによって、前記光路の別の部分が前記光路の部分に対し調節可能になっている請求項62のシステム。

65. 前記イメージリレイは、出口端部を含み、該出口端部に近接して別のレンズが配置され、予め選択された光学パワーを供給するようになっている請求項58のシステム。

66. 前記イメージソースは、ユーザーの頭部の背後近くで前記支持フレ

ムにより支持されている請求項55のシステム。

67. 前記イメージソースは、フラットパネル・アクティブマトリックス・エレクトロルミネッセントディスプレイからなる請求項66のシステム。

68. 前記イメージソースは、液晶ディスプレイからなる請求項66のシステム。

69. 前記インサートは、前記液晶ディスプレイのアナライザーとして機能するように配置された偏光ビームスプリッターからなる請求項68のシステム。

70. 前記第1のレンズ内に配置されて、前記イメージソースからユーザーの目へ前記光路の部分にそって光線を再び向ける偏光ビームスプリッターをさらに備え、前記ビームスプリッターは、前記液晶ディスプレイのアナライザーとして機能するようにさらに配置された請求項68のシステム。

71. 前記イメージソースは、フラットパネル・フィールドエミッションディスプレイからなる請求項66のシステム。

72. 前記イメージソースは、陰極線管からなる請求項66のシステム。

73. 前記イメージソースは、発光ダイオードアレイからなる請求項66のシステム。

74. 前記イメージソースは、前記別の光路の入り口端部から異なる距離に位置する多重ディスプレイからなる請求項66のシステム。

75. 前記イメージソースと前記光路の別の部分との間のファイバーオプティックテーパー部が前記イメージソースからのイメージの寸法を前記光路の別の部分にマッチさせるようになっている請求項66のシステム。

76. 前記イメージソースと前記光路の別の部分との間に付加のレンズシステムをさらに備え、前記イメージソースからのイメージの寸法を前記光路の別の部分にマッチさせるようになっている請求項66のシステム。

77. 前記付加のレンズシステムがハウジング内に装着され、該ハウジングは、前記イメージソース、前記光路の別の部分及び前記レンズシステムの相対位置を調節して、イメージのフォーカッシングを行うように調節可能である請求項



56 のシステム。

78. 前記光路の別の部分は、少なくとも一つのミラーを含み、これで前記別の部分を折り曲げ可能にした請求項 56 のシステム。

79. 前記光路の部分に沿って第 1 のレンズ内に配置された対眼レンズと、前記光路の別の部分に沿って配置された対物レンズとを含み、前記対眼レンズと対物レンズの光学パワー及び位置が所望の焦点、拡大度合い及びコリメーションディスタンスを得られるように予め選択されている請求項 56 のシステム。

80. 前記別のインターフェースは、ミラー又はプリズムである請求項 57 のシステム。

81. 前記光路の別の部分に配置されていて、視界を広めるようになっている光学要素をさらに含む請求項 56 のシステム。

82. 前記光学要素が拡散スクリーン、マイクロレンズアレイ、ファイバーオプティック・フェースプレート又は回折光学要素からなる請求項 81 のシステム。

83. 前記光学要素が一方の面又は両面における曲率が前記イメージのフィールド平坦性を改良するように予め選択されているファイバーオプティック・フ

ェースプレートからなる請求項 81 のシステム。

84. 前記光路にそってユーザーの目から戻る光線を受けるように位置しているセンサーをさらに備える請求項 55 のシステム。

85. ユーザーの周囲をとりまくものからの光線を受けるように位置しているセンサーをさらに備える請求項 55 のシステム。

86. 前記支持フレームは、眼鏡からなる請求項 55 のシステム。

87. 前記支持フレームは、フェースマスクである請求項 55 のシステム。

88. 前記支持フレームは、ダイバーのマスク、消防士の面覆い、宇宙飛行士の宇宙服マスク又は危険物ボディスーツのフェースマスクからなる請求項 55 のシステム。

89. コンピュータ回路が前記支持フレームに取り付けられ、前記イメージソースと通じていて、前記イメージソースが前記支持フレームのエッジに装着さ

れている請求項55のシステム。

90. 前記コンピュータ回路と前記イメージソースとを隠すように配置されたハウジングをさらに備える請求項89のシステム。

91. 以下の構成を備える頭部装着イメージコンバイニングシステム：

ユーザーの頭部に支えられる輪郭になっている一対のレンズホルダーと一対のテンプルとを有する眼鏡フレーム；

前記眼鏡フレームに取り付けられたイメージソース；

ユーザーの一方の目の前で前記対になっているレンズホルダーの一方に眼鏡フレームで支持されている以下の構成のメインレンズ；

周囲の光線が前記メインレンズを介して概ね対向の面を通過するように構成されている概ね対向の面；

前記メインレンズ内に埋設されて、前記メインレンズを介して概ね対向の面の間に前記イメージソースから光線に向けるプリズム；

前記プリズムからユーザーの目へ光線に向ける位置で前記メインレンズに埋設のビームスプリッティングキューブ；及び  
ユーザーの他方の目の前で対のレンズホルダーの他方に前記眼鏡フレームにより支持されている第2のレンズ。

92. 前記ビームスプリッティングキューブが偏光する請求項91のシステム。

93. 前記イメージソースがアクティブマトリックス液晶ディスプレイからなる請求項91のシステム。

94. 前記アクティブマトリックス液晶ディスプレイを照らすように配置されているバックライトをさらに備える請求項93のシステム。

95. 前記メインレンズは、前記ビームスプリッティングキューブとユーザーの目との間に配置されて、正のパワーを有するレンズと、前記ビームスプリッティングキューブと周囲の光景との間に配置されて、負のパワーを有するレンズとを備える請求項91のシステム。

96. 前記対のテンプルの一方に取り付けられたハウジングをさらに備えて

おり、前記イメージソースが前記ハウジング内に配置されている請求項 91 のシステム。

97. 前記メインレンズは、モールディング、キャストニング又はマシニングにより一体成形されている請求項 91 のシステム。

## 【発明の詳細な説明】

## 発明の名称

眼鏡及びフェースマスクに対するイメージコンバイニングシステム

## 関連出願についての相互参照

この出願は、1996年10月8日に出願の米国仮出願第60/027,998号の利益を35 U. S. C. 119 (e)に基づいて要求するものであり、前記出願の記述をここに参考文献として組み入れるものである。

## 連邦援助の研究又は開発に関する記載

この発明は、契約第DAKK60-96-Cに基づき合衆国陸軍のソルジャー・システムズ・コマンドにより与えられた政府援助によりなされたものである。政府は、この発明にある権利を所有する。

## 発明の背景

頭部装着イメージディスプレイ類（例えば、ミニチュアのディスプレイを組み込んだヘルメット、ゴーグル及び眼鏡類）及び文字と数字とを組み合わせ、ビデオ又はグラフィックフォームでデータを提供する他のコンパクトディスプレイシステムは、エビオニクス、医薬品、娯楽及び着用可能なコンピュータならびに数多くの他の分野に実施できる。例えば、米国特許5,348,477、5,281,960、4,806,001及び5,162,828を参照。頭部装着のディスプレイシステムの先行技術には、三つの主なタイプのものがある：“シースルー・システムズ”で、これは、ディスプレイされた電子イメージが周囲のイメージと組み合わせられ、ユーザーは、両方のイメージを見ることが出来るものであり；“シーアラウンド・システムズ”で、これは、ディスプレイされたイメージが周囲のイメージの一部を閉ざすものであり；そして“完全没入システムズ”で、これは、周囲のイメージすべてが閉ざされ、この結果ユーザーは、電子的に作られたイメージしか見ることができないものである。システムズのすべて三つのタイプのものは、見る人の目にイメージを投射するレンズおよび類似品

を含む種々の手段を使用している。

最も簡単なシステムのものは、シーアラウンドタイプのものを備え、

このタイプにおいては、一つ又はそれ以上のレンズに電子ディスプレイが設けてあり、ユーザーの目の前にぶらさがっている。このデバイスの主な限界は、該ディスプレイと光学システムとを頭部に対し動かすか、又は、頭部を動かして、収蔵された視界における周囲の光景をユーザーが眺めることができるようにしなければならない。このようなデバイスの第2の限界は、前記デバイスが頭部（又はヘルメット、ストラップ又は他の頭部に付ける支持具）から下げられていて、この結果、装置質量が頭部に対し不快な重量及び／又はトルクを付加してしまう点である。前記デバイスの第3の限界は、光学システムの射出瞳が正確に固定できず、このことは、光学システムの射出瞳を十分に大きくして使用時において起きるデバイスの種々の動きに適合するようにしなければならないことを意味する。

完全没入システムは、シーアラウンドシステムと同様な数多くの限界を有している。周囲の光景を見るには、頭部装着システムを外さなければならない。一般的に言って、このシステムは、前記シーアラウンドシステムに類似したディスプレイとレンズシステムとを備えるか、又は、ディスプレイ、レンズシステム及び反射スクリーンを備える。これらのシステムは、重く、負担がかかり、高張る。

シースルーシステムズは、最も複雑な光学構造のものになる。一般に、シースルーシステムズは、ディスプレイ、レンズシステム及び見るスクリーン又はコンバイナーを備える。シーアラウンドディスプレイの限界のすべては、周囲の光景を見るのに頭部装着システムを外す点を除き、シースルーディスプレイにも当てはまる。しかしながら、この利点のためには、光学コンポーネントをさらに付加する必要がある、したがって、該システムが重くなる。

上記した頭部装着ディスプレイの三つのタイプ全てにおいては、よりコンベンショナルの光学支持具（コンベンショナルの眼鏡フレーム類による更に簡単な支持具）よりむしろ、大きなバイザーなどをもつゴーグル類、ヘルメット類、つり下げバンド類、異常に嵩ばったサングラスフレーム類に光学システムズ

を取り付ける必要があるという更に別の限界がある。この限界は、そのようなデ

バイスにユーザーが慣れ親しむことを要求する。

従来技術のディスプレイの他の限界は、照明を行う必要がある点である。例えば、液晶ディスプレイを使用する頭部装着ディスプレイシステムは、該ディスプレイを照らすランプを必要とする。これらのランプは、電力を消費し、ユーザーの頭部近くで発熱し、システム全体が大きくなり、重くなる。

従来技術のさらにキイとなる限界は、眼鏡システムの外側における光路を使用することである。例えば、米国特許 5, 348, 477 においては、ウエルヒは、イメージリレイとレンズセット及び眼鏡フレームと眼鏡レンズとの外側に装着されたスクリーンを備えたシステムを記載している。フリースペース光路、コンバイナー及び類似ものの使用は、コンベンショナルの眼鏡に近づくためのアプローチにおける小形化を極めて困難なものにしている。米国特許 5, 162, 828 におけるファーネス他は、ゴーグル又は眼鏡のトップに位置させたディスプレイ及び固定又は調節可能で、透明体の底部に位置するミラーをもつ、ゴーグルに見られるような透明なスクリーンに基づくシースルーシステムでこの限界にアドレスしようとしている。このアプローチは、複雑性を低下させてはいるが、このシステムは、それでも透明体の下又は背後のコンベンショナルではない露出箇所に位置する少なくとも一つのミラーを必要とする。ベレラ（米国特許 4, 867, 551 及び 4, 751, 691）及びベッティンガー（米国特許 4, 806, 011）により開示された眼鏡も眼鏡フレームにつり下げられたミラーを必要とする。機械的につり下げられたミラー類をもつシステムの特定の限界は、そのような付属物においては、ミラーの光学面が使用中ダメージを受けたり、壊れたり、又は、偶発的に当たってユーザーの目を損傷したりするおそれが多分にあることに起因する。さらに、これらのシステムは、特殊の光学付属物を含むから、コンベンショナルな目に着用するものの理想的な形にはならない。

#### 発明の概要

この発明は、イメージソース又はイメージディスプレイ、レンズシステム及び眼鏡フレーム又はフェースマスクを備える。該ディスプレイは、屈折率分布型レンズ導管、コヒーレントファイバーオプティックバンドル又はレンズイ

メーヅリレイのようなイメージ導管を用いて眼鏡レンズから離れて前記ディスプレイが配置され、頭部にかかる前記システムの重量をバランスさせるため、又は熱源（前記ディスプレイ又はバックライト）を顔面から離れるように場所を変えるため、又は、外見を装う理由又は其の他の理由のために望ましいものであれば、前記ディスプレイを頭部の背後に位置させることができるようになる。眼鏡レンズシステムは、全部が内部で内部反射させる面、部分的にシルバーめっきされているミラー、又は誘電コーティングス、又はホログラフィ面又は回折面及び両眼転導補正のための一つ又は複数の光学面をもって形成されていて、前記ディスプレイからのイメージがユーザーの視界に位置する部分反射面又は全反射面へのレンズを介して内部的にユーザーの目へリレイされる。さらに、前記レンズシステムは、部分的にシルバーめっきされたミラー又は誘電コーティングスで外部の光線に対し部分的に透明であるから、周囲の情景は、コンベンショナルの眼鏡のように、比較的損なわれずにユーザーへ提供される。これらの光学要素は、眼鏡フレーム又は眼鏡レンズ内に埋設でき、光学面（レンズ類又はリフレクター類）を前記システムに付加して前記ディスプレイを拡大させたり、コンベンショナルの眼鏡のようにユーザーの視力を補正したりできるようになっている。従来技術に優るこのアプローチの主たる利点は、前記光学システムを小さくして、眼鏡レンズ内に集積できる形にし、これでコンベンショナルの眼鏡には通常見られない外部の付属物及び異常に嵩張るフリースペース光学コンポーネンツがなくなる結果になる。

したがって、この発明は、コンパクトな頭部装着ディスプレイシステムの光学機能を提供するシースルー、シーアラウンド又は完全没入光学システムを提供する。このシステムは、眼鏡又はフェースマスク内に一体化されることができる。このシステムは、また、前記ディスプレイを物理的に動かさずに、完全没入からシーアラウンド又はシースルーへスイッチングできる。

前記システムは、周囲の光を使って前記ディスプレイを照明し、したがって、従来技術のシステムよりも電力消費が少ない。このシステムは、また、ユーザーの目の前には、偶発的に衝撃を受けて目を傷つけるような機械的付属物

が位置していない点で有利である。さらに反射面は、一切露出していないので、光学劣化を受けない。本発明のさらなる実施例においては、イメージを捕捉し、アイトラッキングできるようになっている。

#### 図面の記述

添付の図面を参酌しながら以下の詳細な記述から発明がより完全に理解されるものであり、図面において：

図 1 は、従来技術のシースルー頭部装着ディスプレイシステム；

図 2 は、従来技術のシーアラウンド頭部装着ディスプレイシステム；

図 3 は、本発明の頭部装着イメージコンバイニングレンズシステム；

図 4 は、本発明の頭部装着イメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 5 A は、コンバイナーを外したイメージコンバイニングシステムのための眼鏡フレームの一部の正面図；

図 5 B は、イメージソースから眼鏡フレームへ光路を設けるマウントの側面図；

図 5 C は、マウントを外した図 5 A の眼鏡フレームの一部の平面図；

図 5 D は、マウントとコンバイナーとを外した図 5 A の眼鏡フレームの側面図；

図 5 E は、マウントとコンバイナーとを外した図 5 A の眼鏡フレームの正面図；

図 6 A は、両眼イメージコンバイニングシステムのための眼鏡フレームの正面図；

図 6 B は、両眼イメージコンバイニングシステムのための眼鏡フレームの別の実施例の正面図；

図 7 は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 8 は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；



図 9 は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 10 は、本発明によるイメージコンバイニングレンズシステムとイメージソース及び光路がマウントされている眼鏡フレームとの図解；

図 11 は、本発明によるイメージソースと、そこからの光路とに関連するイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 12 は、本発明によるイメージソースと、そこからの光路とに関連するイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 13 は、折り曲げられた光路をもつイメージコンバイニングシステムのさらに別の実施例；

図 14 は、本発明による眼鏡に一体にしたイメージコンバイニングシステムの平面図；

図 15 は、本発明によるイメージソースからイメージコンバイニングレンズシステムへの光路を取り付けるチューブマウントの図解；

図 16 A は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 16 B は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 17 は、本発明によるイメージ獲得及びアイトラッキングとに関連するイメージコンバイニングシステムのさらに別の実施例；

図 18 は、フリースペースにおけるコンバイナーに基づく従来技術の反射屈折光学ディスプレイ；

図 19 A は、本発明の反射屈折光学システム；

図 19 B は、本発明の反射屈折光学システムの別の実施例；

図 20 は、本発明によるマルチプル・コリメーションディスタンスを組み込んだイメージコンバイニングシステム；

図 21 は、本発明によるマルチプル・コリメーションディスタンスを組み込んだイメージコンバイニングシステムの別の実施例；

図 22 は、本発明による集積されたイメージコンバイニングシステム

とコンピュータ回路とをもつフェースマスク構造；

図 2 3 は、本発明によるアイトラッキングのためのスキャニングミラーと関連のイメージコンバイニングシステム；

図 2 4 は、アイトラッキングのためのスキャニングミラーとフラットパネルディスプレイと関連のイメージコンバイニングシステム；

図 2 5 A は、本発明による増加された視野を有するイメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 2 5 B は、光線を二つのパスに分けることを図解する図 2 5 A の実施例；

図 2 6 は、図 2 5 のイメージコンバイニングレンズシステムの平面図

；

図 2 7 は、本発明による光路と視野が増加したイメージソースとに関連のイメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 2 8 A は、本発明により作られた眼鏡の略図的斜視図；

図 2 8 B は、図 2 8 A の眼鏡の一部を切断した平面図；そして

図 2 9 は、本発明による眼鏡の別の実施例の平面図である。

#### 発明の詳細な記述

図 1 は、レンズとコンバイナー（組み合わせるもの）とに基づく従来技術のシースルー頭部装着ディスプレイシステムを図解するものである。ディスプレイ 10 とバックライト 20 とがレンズ 50 と共にユーザーの視線の上に装着されている。ディスプレイ 10 からの光線 80 は、レンズ 50 を通過してコンバイナー 40 で反射されてユーザーの目に向かう。周囲の情景からの光線 60 は、レンズ 30 を通り、そして、またコンバイナー 40 を通過して前記ディスプレイからの光線 80 と一致する。かくてユーザーは、前記ディスプレイと前記周囲の情景とからの光線が重なり合ったものからなるイメージを視認する。このシステムのレンズは、前記光線に対し適当な両眼転導を与え、前記イメージは、所望の深さで視認される。一般的には、このシステムの種々のパーツのサイズは、0.5 から 2.0 インチのオーダーで、大きな出口孔になり、このシステムが嵩張っ

てしまうハウジングとフレームとが必要になる。さらに、重量がユーザーの頭部に望ましくないトルクを生んでしまうような配分になってしまう。

図2は、シーアラウンド技術を含む別の従来技術の頭部装着ディスプレイのアプローチを図解する。ディスプレイ10とバックライト20とがレンズ110と共に装着され、光線100は、適当な両眼転導をもって目に向かう。パーツが少なくなっているこのディスプレイシステムは、前記シースルーディスプレイよりもいくらか軽いが、周囲の光線が入らない。さらに、ハット類やヘッドバンド類に取り付けのシーアラウンド及びシースルーディスプレイ両者は、周りのものに引っ掛かりやすい。

この発明の一つの好ましい実施例は、図3に示されている。イメージソース又はディスプレイ320とレンズ330とが以下“メインレンズ”300という第2の“レンズ”又はレンズシステム300のエッジに装着されている。メインレンズ300は、さらに詳しくは、眼鏡レンズ（視力矯正光学パワーを有しているもの又は有していないもの）及び例えば二焦点インサートの態様に作られているインサート301の構造のものである。かくして、メインレンズ300は、眼鏡フレームにおけるシングルレンズ（又は二焦点レンズの場合におけるレンズシステム）に置き替わるものとして理解される。メインレンズ300は、さらに正確には、埋設されたレンズ群及び他の光学コンポーネンツ及び光学面からなる光学システムと言えるものであるが、ここでは、簡明のためにメインレンズ300と言う。また、ここでの用語“レンズ”とは、一般的には、屈折、回折、反射又は其の他のものいずれかの光学パワーをもつ面（サーフェース）及び／又は屈折、回折、反射又は其の他のものいずれかの光学パワーをもつ多数の面の複数のセットものを言う。

メインレンズ300におけるインサート301は、異なる屈折率  $n_1$ 、 $n_2$  で、 $n_1$  が  $n_2$  よりも大きい屈折率をもつ二つの材料からなり、その結果、イメージソース320からの光線308は、屈折率が高い材料を通過して前記材料の間のインターフェース302に入射し、全てが内部反射されて第3のレンズ340へ向かう。周囲の光線306は、インターフェース302を通過し、第3のレンズ340から屈折され、かくてディスプレイされ

るイメージのコントラストを改善する。二つのレンズ330, 340は、組み合わされた光学パワーが顕微鏡を形成し、ディスプレイからのイメージが所望の倍率で見れるようにすることができるように選択される。前記二つのマテリアルズは例えば、融解石英 ( $n_1 = 1.458$ ) 及び  $\text{LaSFN}_9$  ( $n_2 = 1.85$ ) からなるものでよく52度よりも大きな入射角の光線がすべて内部反射されることになる。また代替として、空気又は他の流体が詰まっているギャップを前記マテリアルズの間に設けるか、又は、屈折率が低いマテリアルを空気、他の流体又はヴァキュウムから構成し、メインレンズ300に融解石英を使用した場合、トータルの内部反射のクリティカルの角度を43度にする。インターフェース310の角度は、入射角度がトータルの内部反射のクリティカルの角度を越える条件を満足させ、そしてまた、見るイメージの位置決め光学条件を満足させるように構成される。また、ここに示す光学インターフェースは、平面なものであるが、カーブしていて光学パワーをもつようなものでもよい。

代替実施例は、インサート301を使用するもので、これは、前記インターフェースに薄いフィルムの干渉コーティングスを有するマテリアルズからなり、誘電ビームスプリッター及びコンバイナーで通常達成されるように光路を組み合わせる。このような場合、屈折率 $n_1$ ,  $n_2$ は、同じ ( $n_1 = n_2$ ) である。いずれの方法でも働くものである；しかしながら、干渉コーティングスは、シースルーシステムズにおいて有用であるが、トータルの内部反射は、シーアラウンドシステムズにおいては、所望のパスにそって大きな光学スループットを与える。メタルコート面も使用できる。

ディスプレイ320は、小型のフラットパネルディスプレイ、陰極線管又はスキャンングディスプレイからなり、これは、本出願の譲受人に譲渡された代理人ドケットナンバーMOP-101Jで確認される1996年9月19日出願の名称コンパクトディスプレイシステムの米国特許出願第08/716, 103号に記載されもので、これを参考文献としてここに組み入れる。ディスプレイ320は、特定の応用要件及び適用できる技術に応じてアナログ又はデジタルであるRFリンクをもつRFビデオシグナルズに応答する。

図4は、前記イメージ組み合わせシステムを形成する他の方法を図解

するものである。このシステムにおいては、コンバイナーとして逆に使用されるキューブ・ビームスプリッター801が先に述べた全反射面に置き替わる。例えば、エドモンド・サイエンティフィック・パートA45,111のキューブ・ビームスプリッターは、全内部反射面にわたり周囲光線を実際に一切屈折させない利点を有する；しかしながら、該キューブ・ビームスプリッターは、約50%の周囲光線とディスプレイ光線とを目に入れるのみである。しかしながら、ビームスプリッター801が偏光ビームスプリッターで、ディスプレイ320が偏光光線（液晶ディスプレイ又はレーザースキャンディスプレイからのような）を与えるなる場合にとっては、前記ディスプレイ放射電子の波長とキューブ801におけるコーティングスの光学デザインとに応じて75～99%の範囲の反射が得られる。前記キューブは、また、液晶ディスプレイに対するアナライザーとしても機能し、これは、一つの偏光を効率よく通し、他のものは通さないからである。

この実施例において、ハウジング820は、キューブ801に組みつけられる二枚のガラスまたはプラスチックのプレート810を保持する手段になり、前記プレートと其の他の内部パーツがメインレンズ300を構成する。イメージソースからの光線は、ハウジング820における孔821（図6を参照）を介して入射される。周囲の光線は、三つのパスの一つを通る。第1のパス830は、オプションの偏光層804、ガラス810、キューブ801、第2のガラス810を通り、目に達する。第2のパス831は、オプションの偏光層804、ガラス810、オプションの偏光層802、第2のガラス810を通り、目に達する。前記オプションの偏光層の目的は、目に達する周囲の情景の光レベルを調節して、前記ディスプレイと周囲の情景との間の光レベルをバランスさせるためで、これは、回転ベゼル803にオプションの偏光子804を取り付けることで可能になる。

第3のパス832は、オプションの偏光層804、ガラス810、オプションの偏光層802、キューブ801、そして第2のガラス810を通り、目に達する。パス832を通る光線は、前記キューブを通る通路の軸がずれているため、やや歪んでしまう。この現象をなくすには、前記ビームスプリッターを円錐形に形作り、キューブ801に光学的に合致したコンパウンドをボイド

806 に詰めればよい。

前記キューブ・ビームスプリッター 801 は、前記のように偏光にセンシティブであるように設計され、方向付けされ、偏光層 802 に整合したときキューブ 801 と偏光子 802 は、光線 830、832、831 を等量で吸収する。正しく整合されていれば、メインレンズ 300 を通る偏光光線のネットの透過は、均一であり、外側の偏光子 804 を回転して前記キューブ又はその他を介して見る周囲の情景の光レベルを調節する。

図 5 A ~ 5 E 及び図 6 A は、図 4 に示したデバイスに対する眼鏡フレームのアッセンブリーの詳細のいくつかを示す。三角形のブロック 822 で以下に述べる前記ディスプレイからの光路を内蔵するパイプ 823 を受ける。ミラー 824 が前記光路の光線を開口 8211 を介してコンバイナー 801 へ角度 90 度で反射させる。ブロック 822 は、例えばネジ 825 のような適当な手段でハウジング 820 に取り付けられる。二つのハウジング 820 がアッセンブリーされて図 6 A に示すような一对の眼鏡にされる。図 3 を参照すると、位置 301 にあるキューブ 801、レンズ 340 及びディスプレイ 320 は、ソリッドキャストイングとしてメインレンズ 300 内に形成されており、これを図 6 B に示すように通常の眼鏡フレーム 830 に取り付けることができる。

図 7 は、他の実施例を示し、この例では、レンズ 330、340 がレンズ 360、370 それぞれに置き換えられており、これらは、メインレンズ 300 に接着されているか、又は、例えば射出成形でメインレンズ 300 の一部として成形される。メインレンズ 300 は、光学セメント、ポリカーボネート、エポキシ、ポリメチルメタクリレート又はガラスのようなリッドのクリアー又は着色されたマテリアルに光学パーツを埋めこむことで、シングルのソリッドピースとして形成できる。このような場合、複数の面に型を設け、メインレンズ 300 の上又は内部の種々の箇所に所望の光学パワー及び／又は反射性を作る。メインレンズ 300 は、また、互いに接合してソリッドユニットにされるか、又は、図 4 から図 6 に示す態様で取り付けられる複数の鋳造、成形又は機械研削パーツから作ることができる。この発明のさらなる実施例は、別体のレンズ 340 と一体のレンズ 360 又はその逆の使用を含む。さらに、レンズ 330、340 又はレ

レンズ360、370又は組み合わせは、光学システムにおける色補正分散作用のための色消しレンズ又はイメージ収差を減らす他のレンズの組み合わせからなるものである。認識すべき点は、レンズ360は、オプションのもので、単純な拡大光学レンズ構成が必要なシステムにおいては不要である点である。

レンズシステムにおける他の実施例を図8に示す。この構成においては、レンズ360とディスプレイ320とがメインレンズ300の背後の位置へ動かされている。投射イメージをインサート301へ向けるために反射面325が第2のインサート326の形態で設けられている。反射面325は、インサート301に設けられているタイプのもので、それ自体キューブ802からなるものか、又は、メインレンズ300に対し内部に装着されたミラー又は図5Aに示すように外部に装着されたミラーに置き換えることができる。第2のインサート326が偏光ビームスプリッターにおけるように偏光するものであれば、インサート301又はインサート326は、イメージソース320が液晶ディスプレイである場合に対する分析偏光子（検光子）として作用する。

ディスプレイ320が明暗度の強いイメージを表示できるような用途においては、ディスプレイ規制システムが働かない好ましくない場合にユーザーの目を保護するように前記ミラーを構成する。光学フューズとして機能するミラーは（面325において）、入射光をある程度吸収するようにして、ユーザーに害を与えないように保護する。この目的のために、熱伝導が低い材料の層又は複数層を前記ミラーの反射層の下に設ける。このような構成で、光ビームが目の網膜を熱するよりも早くミラーを熱し、これによって目に傷害を与えるよりもさらに早くミラーを損傷させる。前記ミラーの下側の低い熱伝導の層の一つは、熱膨張率が高い材料からなり、網膜の損傷スレシヨールドより低いスレシヨールド・エネルギーフラックスで前記ミラーにバブル又は他の焦点を結ばないメカニズムが発生するようにしてある。前記イメージソースは、また、赤外線（IR）を放射して、この作用を高めるようになっている。放射赤外線は、前記システムのどこかにおけるフィルターにより除去し、ユーザーの目に入らないようにできる。

前記ディスプレイは、前記のようにバックライトされるか、又は、周

図の光線401及び／又は402及び／又は403により照明される。このような構成は、全内部反射インサート326、又は、一部又は全部反射ミラー面325、又は、誘電コーティングをもつ面と共に機能する。光線401、402、403のフラクシオンは、コンバイナー325を介してディスプレイへ伝播する。ついで、これらの光線は、ディスプレイから目に達する光路へ反射される。この光学システムには、集光レンズ又はコレクティングレンズが設けてあり、光線401、402、403を集め、集光する。さらに、利用できる周囲の光が不足のとき、見れるようにするために、メインレンズ300に対し光学的に取り付けたランプにより光線401、402、403を供給できる。ディスプレイ320が液晶ディスプレイの場合、インサート326は、ディスプレイのための偏光子及び検光子として機能する偏光ビームスプリッターを備える。この実施例は、さらに、周囲の光景の光レベルを調節するための従来技術で知られている偏光子のクロスした回転システムを付加することで改善される。この手段において、前記ディスプレイと周囲光景光レベルとは、バランスされる。液晶シャッターを使用することで、前記調節を電子的に行え、前記イメージの相対輝度を自動的に補償したり、自動的にバランスさせるためにセンサーを用いることができる。

図9に示すように、メインレンズ300の前面に第4のレンズ410を付加して前記インサートを覆うようにすることで、記図面における構造を改良できる。概ね負のパワーをもつレンズ410は、レンズ370の正のパワーに対抗し、周囲のシーンからの光線306は、特に拡大されずに見える一方、レンズ410を通過しないディスプレイからの光線は、拡大されて見える。レンズ410は、ユーザーの特定視力補正要求に応じてポジティブ又はネガティブの光学パワーをもつ。他のレンズ面をメインレンズ300のいずれかの側に付加して、通常の眼鏡のようにユーザーの視力を補正でき、顕微鏡レンズのレンズ倍率を調節してユーザーの視力を補正できる。レンズ370、410を介して更に視力を補正するために他のレンズを付加できる。又、これらのレンズをメインレンズ300内に実質的に組み入れることもできる点に注目されたい。

射出成形又はソリッドのメインレンズに組みつけるパーツセットの機械研削により、ソリッドのメインレンズ300にレンズを設ける実施例においては、



該レンズの屈折率  $n$  及び曲率半径は、ポッティング、モールディング又は研削された媒体内で、所望のレンズ倍率を得るためにエアー中の値から補正されなければならない。コンパウンズとレンズマテリアルとの屈折率は、光学ポリマー類又はガラスに対しては 1.4 から 1.6 の範囲の屈折率、他の種々の光学マテリアルズに対しては 1.5 から 2.0 の範囲の屈折率をもつ多数のコンパウンズから選ばれる。成形コンパウンドは、ガラスに合致する屈折率 ( $n=1.46$ ) をもつ市販の多くのコンパウンズから選ばれ、前記レンズ類は、例えば、 $\text{LaSFN}_6$  ( $n=1.85$ ) から形成される。また別に、光学倍率は、成形マテリアル内にエアーギャップ又はヴァキュウムを存在させるか、又は、適切に設計された曲率半径をもつ屈折率が低いマテリアルズにより大きくされる。他の試みは、そのようなギャップに屈折率が高い、又は、低い液体を詰めることである。さらに別にはメインレンズ 300 内に回折レンズ要素又はホログラフィレンズ要素を用いることである。

前記光学システムの重量をバランスさせ、ディスプレイ 320 を見る人の顔から離れた位置へ動かすために、図 10 に示すように、コヒーレント光ファイバー束又は屈折率分布型 (GRIN) レンズイメージ導管又はレンズから形成されたリレイからなるイメージリレイ 510 によって眼鏡のメインレンズへリレイされる。一つの実施例においては、イメージリレイ 510 は、眼鏡の側部にそってディスプレイ 320 へ延びている。リレイ 510 は、ディスプレイからのイメージがメインレンズ 300 の正しい位置へ供給されるように、所定の曲げがつけられて形成されている。また別に、図 11 と図 12 の実施例に示すように、前記メインレンズに補助インサート 326 (図 11) を用いて、所望の角度と所望の光学パワーでイメージが受け入れられ、該イメージがインサート 301 へリレイされるようにできる。

図 11 は、ディスプレイ 320 からのイメージをファイバーオプティックテーパー部 520 を介してレンズ 360 へリレイするイメージ導管 510 を示す。前記ファイバーオプティックテーパー部の目的は、ディスプレイの寸法を前記イメージ導管の寸法に合わせるためである。例えば、前記ディスプレイは、その可視領域寸法が  $15.4 \text{ mm} \times 11.5 \text{ mm}$  である小型フラットパネルのア

クティブマトリックスエレクトロルミネッセント・ディスプレイからなり、イメ

ージ導管が6.4mm×6.4mm(できる限り軽量で、小さい断面領域の導管を使用することが望ましい)であり;前記ファイバーオプティックテーバー部がイメージのサイズを2.4:1の比率で縮小する。注目すべき点は、オメージ導管リレイ510が機械的スリーブ500内に位置している点である。このスリーブは、レイレイ510と眼鏡レンズ及びフレームシステムとの間の機械的結合に強度を付与し、また、リレイ510の端面511とレンズ360との間の距離をユーザーが変えることができるようにして、焦点度合いが調節できるようにしている。注目すべき点は、前記機械的スリーブは、精度ある位置調節のために、ねじこみ、摩擦ロック又は当業者に知られた他の方法で取り付けられる点である。

図12は、他の構造を示すもので、イメージリレイにレンズ530が取り付けられ、前記イメージシステムの光学パワーをさらに変更するようになっている。さらに、この実施例においては、ファイバーオプティックテーバー部がハウジング540内に装着されたポジティブ又はネガティブの倍率をもつレンズ550と、イメージ導管に(又は別にハウジング540に)装着されたレンズ560とに置き換えられている。このレンズシステムは、イメージサイズを縮小し、さらに、前記の態様で機械的スリーブ570による焦点調節を可能にする。ハウジング540には、また、ディスプレイ320、レンズ550、560及びイメージ導管位置の相対位置を調節する手段を設けることもできる。

前記ディスプレイは、前記ファイバーオプティックテーバー部520又は図12に示すレンズ550により、又は、これら二つの組み合わせによりGRINレンズリレイに結合できる。前記レンズシステムの光路は、図13に示すように、複数のミラー555を含み、この結果、光路を長く維持しながら、光路を折り曲げてヴォリュームを減らすことができる。

図14は、一对の眼鏡に組み込んだ別のレンズシステムの平面図を示す。この実施例は、イメージを拡大し、これをコンバイナーを介して目へリレイするために、イメージリレイアッセンブリーとベーシックな二枚レンズ複合顕微鏡(対物レンズと対眼レンズ)とを各側に含む。このような眼鏡は、両眼立体イ

メージをディスプレイすることができる。

前記イメージリレイアッセンブリーは、頭部の後に装着のディスプレ

イ 3 2 0 を備え、高解像度イメージリレイ 5 1 0 は、GRIN イメージ面と言う位置における出口端部 5 1 1 近くのエアーイメージを与える GRIN レンズイメージリレイを備える。この GRIN イメージ面の正確な位置は、入り口端部 5 1 2 における焦点面の位置（前記ディスプレイの位置により与えられる）に依存する。リレイ 5 1 0 がコヒーレントのファイバー束を備えている場合、前記イメージ面は、端面 5 1 1 と一致する。

対物レンズ 3 6 0 と対眼レンズ 3 7 0 を複合顕微鏡に選択し、位置を適切に選択することにより、焦点、拡大度合い及びコリメーションディスタンスを調節できる。前記した他の実施例と同様に、レンズ 3 6 0、3 7 0 は、レンズシステムを備える。此のシステムの焦点は、ディスプレイ 3 2 0 とテーパー部 5 2 0 とを GRIN レンズ入り口端部 5 1 2 に対し相対的に動かすことにより、対物レンズ 3 6 0 2 を GRIN レンズイメージ面（出口に尾ける）に対し相対的に動かすことにより、及び／又は、対物レンズを対眼レンズ 3 7 0 に対し相対的に動かすことにより調節できる。対物レンズ 3 6 0 は、また、広い視野を与える視野レンズとして使用できる。

この実施例においては、対眼レンズ 3 7 0 は、メインレンズ 3 0 0 内の位置へ動かすことができる。この位置においては、対眼レンズ 3 7 0 は、最早、周囲の光景からの光線へ光学パワーを作用させない。かくして、レンズ 4 1 0（図 9）は、この実施例では不要である。この実施例においてもまた、眼鏡が頭部に位置するとき、前記ディスプレイは、頭部の後側に留まる。頭部の後にディスプレイを置くことは、重心が改良され、美容外観に優れることを含み、コンベンショナルな前頭部装着のアプローチに比べて、いくつかの主要な利点を有する。GRIN レンズイメージリレイにより目にイメージが与えられ、その後、ミラー 3 2 5 又はプリズムにより光線が 90 度で反射されてメインレンズ 3 0 0 へ入る。光線は、対眼レンズ 3 7 0 とコンバイナー 3 0 1 とを備えるメインレンズ 3 0 0 を斜めに通過する。対眼レンズで前記リレイからのイメージが拡大され、ユ

ーザーがフォーカスできる深さにイメージ面が作られる。ついで、光線は、コンバイナーにより目に対し再び90度に反射され、図10に示すように、眼鏡の前面の所望の位置にバーチャルイメージが与えられる。前記リレイからの光線を周

囲の光線と混合することにより、コンバイナーがシースルー操作を許容し、可視波長範囲にわたり50%の透過にする誘電層被覆面を備える。また別に、コンバイナーをリフレクターに置き換えて、ディスプレイされるイメージを100%反射するシーアラウンドディスプレイにすることができる。レンズ処方 of 補正を必要とするユーザーには、メインレンズ300の面を曲げて眼鏡を補正することができる。イメージ捕獲又はアイトラッキング（視標追跡）のような他の特徴を、このベーシックデザインに追加できる。

この実施例においては、GRINレンズイメージリレイの直径は、3mm以下で有り、さらにmm当たり200ラインペアー（又は、約1200ライン）の透過解像度を与える。例えば、グラディエント・レンズ・コーポレーションのEG-27は、対角線が2.5mmである矩形の800×600のイメージをリレイすることができる直径2.61mmのロッドであり、これは、VGAイメージをリレイするのに適している。この高解像度GRINレンズリレイは、ボロスコープ用と内視鏡用に開発されたものである。イメージをイメージリレイ510を介して目へ送るために、ファイバーオプティックテーパー部520でイメージが縮小されるから、以下に述べるように、比較的大きなレンジにわたりコリメーションディスタンスが調節できる小型レンズシステムが使用できる。この実施例は、レンズ処方レンズに匹敵するものでもあり、メインレンズアッセンブリーの接着でき、高い周囲（シースルー）視野のものである。GRINレンズと対物レンズとを図15に示すように位置が変わり、焦点距離が調節できる単純な機械的入れ子式チューブマウント620に取り付けることができる。GRINレンズ510は、摩擦で保持されるが対物レンズ360が取り付けであるチューブ622内をスライドできるチューブ621内に取り付けられている。チューブ622は、摩擦で保持されるがメインレンズ300に固定のチューブ623内をスライドできる。前記チューブマウントには、回転して調節できるようにねじを（図5B）

きりこむことができる。類似の機構でGRINレンズに対し前記ディスプレイを動かすことで第2の調節ができる。両調節は、以下に述べるコリメーションディスタンスを変える効果がある。

図16Aは、いくつかの視野レンズ901, 902をメインレンズ3

00内に設けた他の実施例を示す。このような視野レンズは、光学パワーをこわける有益な効果を有し、対眼レンズに高倍率をもたせる必要性を減らす。この酔うなレンズは、また、視野を広めるのに役立つ。これらのレンズ及び他の光学パーツは、例えば多数のパーツを射出成形や機械研削で形成され、続いて内面に金属層又は誘電層をコーティングし、さらに前記パーツをアッセンブリーして光学面が埋設されたメインレンズ300を作る。

図16Aを参照すると、眼鏡フレームへの組み込みにぴったりのメインレンズ300を形成するために、メインレンズ300の厚さ934をコンベンショナルの眼鏡の範囲(25mm以下で、好ましくは、1mmから15mmの範囲内)に維持することが望ましいことを認識すべきである。メインレンズ300の面は、厚さ934に等しい寸法をもつ内部光路における開口絞りを形成する。部分的に反射するインターフェース324も絞りを形成する。レンズの倍率に応じて、これらの絞りが前記ディスプレイからのイメージの視野を制限する。この発明は、視野レンズ901, 902を使用して、これらの絞りの制限のいくつかを克服する。

メインレンズ300の厚さ934による絞りに打ち勝つ第2の方法を図16Bに示す。インターフェース324, 325が45度以下の角度455, 456でセットし、メインレンズ300の厚さ934を薄くする。光路は、メインレンズ300の内部面からの一つ又はそれ以上の反射を必要とし、それは、前記したようにトータルの内部反射により生じる。このような場合、埋設されたレンズ901は、図に示されるように、適切に斜めにされている。

上記オプティカルシステムは、シノアラウンド、シースルー又は完全没入システムに実施されることが分かる。種々のデバイスを付加して一つのタイプから他のタイプへ変えたり、システムタイプでの自動チェンジオーバーを行

うようにできる。例えば、レンズ410（図11）を不透明なディスクに変えてシースルーシステムをシーアラウンドシステムにコンバートできる。また別に、インサート301を視野が拡大するようにし、メインレンズ300の前面に不透明なカバーを設けて完全没入システムを形成できる。不透明なカバーは、いずれも液晶シャッターに置き換えることができ、このシャッターは、電子的に調節さ

れて周囲の光景の光レベルを減らしたり、これを完全にブロックしたりできる。周囲の光をコントロールするために、フォトクロミックマテリアルズも利用できる。

さらにプリズム又はミターを用いてインサート301を形成できる。このようなデバイスは、最早コンバイナーではなく、むしろシーアラウンドシステムにすべてが必要とされている単純なリフレクターである。これは、他のリフレクターシステムズに対し優位性をもつもので、これは、メインレンズ300内に反射面が設けられ、したがって、他のアプローチよりも安全で、耐久性がある利点を有しているからである。

前記イメージコンバイナーを形成する別の態様は、複式レンズを用いてメインレンズ300のベースに対する角度310（図3）により最も単純なケースにされた面に形成された複式面構造の回折光学要素を形成することである。回折光学要素の利点は、レンズ340に光線を向けながら角度310を広くとれる一方、反射面においては、角度が反射法則により固定されることである。これによりレンズ340を介する視野が広がる一方、メインレンズ300の厚さを比較的薄いものにしておくことができる。レンズ340と他のレンズは、また、回折光学要素を備える。不利なことは、カラーシステムに存在する望ましくない波長依存効果である。しかしながら、上記した完成されたシステムの光学構成に固有の、カウンターバランスする回折光学要素を前記光路に挿入しやすいようなフレキシビリティにより、必要に応じ、クロマティックイフェクツに対する補償ができる。

インサート301は、面324にホログラムを位置させることによりホログラフィコンバイナーに置き換えられる（図16A又は図16B参照）。こ

のような場合、そして前記回折光学要素に類似して、前記コンバイナーは、前記ディスプレイから発する一つ又はそれ以上の主たる波長とともに働くように構成される。回折コンバイナーと共に、前記ホログラフィコンバイナーは、光学パワーを付加でき、該コンバイナー面に反射コンバイナーよりも広い角度範囲がとれるようにする。

前記種々の実施例に記載のレンズは、レンズシステムの種々のパーツ

に固有の色収差をなくす色消しレンズを形成するように選択される。また、前記種々の実施例の特徴を組み合わせることができることが分かる。さらに、図面は一枚のレンズを示しているが、歪みをなくし、視野の平坦性を改良し、又は、ユーザーが見るイメージに対し改良を加えるように構成された多重のレンズを組み合わせることができる。

図17は、レンズシステムの他の応用を示すもので、これは、イメージ捕捉及びアイトラッキングに使用される。この実施例においては、ディスプレイ320からの光線321は、前記のようにレンズ360, 300, 370を通り目に達する。目から反射された光線322は、光路にそってビームスプリットインターフェース325へ戻り、レンズ720を通りセンサー710へ入る。センサー710は、イメージ捕捉に通常使用されているようなCCD又はCMOSセンサーアレイ又は別のタイプのイメージディテクターを備える。このように集められた目のイメージは、ユーザーの目の位置を確かめるのに使用でき、このようにしてユーザーの凝視のロケーションが確かめられる。アイトラッキングの使用は、二つの理由でいくつかのシステムズに有利である。その一つは、アイトラッキングにより必要なディスプレイピクセルのトータルの数を減らすことができ、これは、網膜中心窩のロケーションが知られていれば、その領域に高解像度イメージを表示するのみでよい。さらに、アイトラッキングを用いて前記ディスプレイの射出瞳を増やすことができる。さらに詳しくは、前記ディスプレイの射出瞳をユーザーの瞳孔の位置変化の検知に応答して最適なロケーションへ動かすことができる。アイトラッキングは、また、特定システムファンクションを含む数多くの他の用途に有用でもある。

図 1 7 における実施例は、ユーザーの凝視からイメージを集めるようにもなっている。周囲の情景からの光線 3 9 5 は、一部がインターフェース 3 2 4 により反射されて光線 7 7 5 によって表されるパスにそいレンズ 7 8 0 とイメージディテクター 7 9 0 へ向かう。表示されたイメージがセンサーへ投射されないようにすることが必要であれば、ディスプレイとセンサーとがシーケンシャルに働く。ディスプレイとディテクターとの数多くの組み合わせをこのシステムと合体し、眼鏡視力補正、情報のディスプレイ、可視イメージと赤外線イメージを含めアイトラッキングイメージの収集又は周囲の情景の収集を行う。

眼鏡内にコンピューターディスプレイを形成するために本発明を使用する例として、目から 6 7 c m 離れて見るコンピュータースクリーンを創作とする。所望のイメージの高さが 2 8 c m であり、リレイ 5 1 0 のアウトプット 5 1 1 において作られるイメージが高さ 2 . 1 m m とすると、拡大倍率が 1 3 3 になるレンズ 3 6 0 , 3 7 0 のセットが必要になる。この拡大は、例えば焦点距離が 1 2 m m のレンズ 3 6 0 と、焦点距離が 1 8 m m のレンズ 3 7 0 とによって得られる。レンズ 3 6 0 は、リレイ 5 1 0 により作られたイメージから 1 5 . 3 9 m m の距離におかれる。レンズ 3 7 0 は、レンズ 3 6 0 から 7 2 m m 離されて配置される。これによって、ヴァーチャルイメージ 6 7 が目から 6 7 m m 離れて作られる。光線は、発散するものである。前記レンズの位置を変えることにより、該レンズの相対位置に応じて、前記イメージが無限大又はどこかに形成されることができる。レンズ同士の間が空気であるスペースの場合に、この計算が成り立つ。例えばメインレンズ 3 0 0 のソリッドの例において屈折率  $n > 1$  のマテリアルを使用の場合、距離が応分に調節される。

図 1 8 は、フリースペースコンバイナーに基づく従来技術の反射屈折光学デザインを示すもので、このデザインにおいては、ディスプレイ 9 0 1 により発生したイメージは、目に向け光を後方へ反射するカーブしたミラー又はコーティングされた反射要素 9 0 0 に向け平らな半透過ミラー又は誘電被膜面 9 2 0 により反射される。要素 9 0 0 がカーブしていれば、それから反射した光の両眼転導が変わり、これによって、目の前に快適な距離のスペースをおいてヴァーチ



ャルイメージが目に入る。この要素900は、図8におけるレンズ370と同じ光学作用を行う。周囲の情景からの光線910のように、要素900を通過する光は、その両眼転導になんらの変化無く通過する。かくして、光線910により描かれる情景がディスプレイを見る光学レンズの光学パワーにより両眼転導を損なうことなく見られることになる。要素900は、吸収を導入しているため、面900を通過する光線は、減衰してしまう。

本発明の方法を用いる改良されたシステムを図19Aに示す。要素900は、サイズを小さくされ、メインレンズ300に納めてある。コンバイナー

920は、ハーフシルバーめっきのミラー又は前記したビームスプリッターキューブからなるか、又は、偏光ビームスプリッターからなる。偏光ビームスプリッターの場合については、正しい軸で偏光された光の大部分が要素900へ反射される。四分の一波長板又は他の偏光ローテーター930を2回通過するとき、回転軸により、光線は、偏光ビームスプリッターを効率的に通過して目に入る。干渉フィルターの技術で知られている光学コーティングをコンバイナー920と要素900に用いて、周囲の光線とディスプレイイメージが効率的に通過できるようにする。例えば、ディスプレイイメージがレーザーソースからのスペクトル帯域が狭い三色（レッド、グリーン及びブルー）からなる場合、前記光学コーティングは、要素900の面がこれらの狭い波長レンジに対し反射性を高めるようにする一方、該要素を通過する光線910は、これらの狭いレンジにおいてのみ妨げられ、かくて、前記イメージは、色歪みなしに広く見れる。図19Bは、同じ性質の代替例を示し、光線910がミラー900により妨げられないような向きになっている偏光と要素900をもつ。

従来技術の頭部装着ディスプレイズは、一つのコリメーションディスタンス（焦点に基づきイメージが知覚される距離）に限られている。ステレオ頭部装着ディスプレイにおいてはしばしば、この距離は、目の両眼転導から知覚される距離とコンフリクトしてしまう。この発明は、異なるコリメーションディスタンスで多重のイメージをディスプレイさせることで、この問題を解決する。

多重コリメーションディスタンスディスプレイは、二つ又はそれ以上

のディスプレイソースからのイメージを融合して、異なる焦点距離にある背景イメージと前景イメージとをユーザーに与える。GRINロッドイメージと対物レンズとの間の距離を $x$ とする（図20）。図20において、GRINレンズから三つの別個の距離にあるディスプレイが三つの $x$ の値及び三つの $y$ の値で一つが各ディスプレイに対するものに導く。 $x$ が僅かに調節されると、コリメーションディスタンスは、大幅に変わる。以下の表は、一つの光学構成に対する対物レンズからの距離をファンクションとしてのコリメーションディスタンスの計算を示す。

| ディスプレイイメージから<br>対物レンズへの距離(mm) | コリメーションディスタンス<br>(mm) |
|-------------------------------|-----------------------|
| 15.245                        | 127.9                 |
| 15.280                        | 163.8                 |
| 15.315                        | 221.3                 |
| 15.350                        | 328.5                 |
| 15.420                        | 2568.6                |
| 15.425                        | 4691.6                |
| 15.431                        | 254887.8              |

この表は、計算が行われた特定の光学構成について、イメージと対物レンズとの間の距離が $186\mu\text{m}$ 変化すると、コリメーションディスタンスが $12.7\text{cm}$ から $254\text{M}$ （エッセンシャルに無限大）に変わること示している。二つ又はそれ以上のディスプレイ940を用い、コンバイナーキューブ945を介して結合（LCDプロジェクターにおいてレッド、グリーン及びブルーのイメージを結合するとき一般に行われているように）する場合、そして、これらディスプレイをGRINイメージリレイからの距離を異にして（図20に $0\text{mm}$ 、 $t$ ）及び $u$ として図解）設定すると、図20に示すように、ユーザーは、イメージを見るのに異なる面に焦点を合わせなければならない（丁度リアルイメージを

見るときに目が行うように)。距離の相違は、前記キューブと前記ディスプレイとの間に薄いガラスの層を介在させて得ることができる。

重要なことは、作られたイメージが前景、中間及び背景に相当する三つの分離した同時存在面を有することができることである。これがコリメーションディスタンスの問題とハードウェアからの目の両眼転導の不同を効率よく除去する。必要なだけ数多くの(又は頭部装着システムにおいて実用に合った数多くの)面を作る光学技術が存在する。

代替アプローチにおいては、ディザーを行うメカニズムが対物レンズを所望の位置へ動かす。このようなアプローチを毎秒180フレームで動くフラットパネルディスプレイに同期させ、三つの分離したイメージ面を与える。必要なレンズ移行をさきにはたったの180 $\mu$ mと示した点に注目されたい。他のアプローチは、図21の態様におけるスタッキングからなるもので、これは、減法混色の原色LCDに使用されているものである。減法混色の原色ディスプレイシステムにおいては、三つのディスプレイ955がスタッキングされ、各ディスプレイがファイナルのイメージから一つの色を除く。これらディスプレイは、偏光子956により分離されている。この発明においては、カラーディスプレイを用いて該ディスプレイの間のスペースに応じて、種々のコリメーション深さにある多重イメージ面を特徴とするイメージが提供できる。

注目すべき点は、減法混色の原色ディスプレイにおいて、面の間のコリメーションディスタンスのバリエーションは、有害な人為ものとみなす点である。しかしながら、この発明においては、コリメーション深さのバリエーションを用いてイメージを改善することができる。さらなる利点は、背景に解像度が低いディスプレイを用いてシステムコストを下げる点である。

ミラー又は導波管を用いてシングルのピクセルをスキャンするスキャンアプローチにおいては、いくつかの方法でコリメーションディスタンスを調節できる。第1のものは、ビームスキャンニングシステムの入り口瞳孔からの距離を異にするいくつかのピクセルを用いる。このアプローチは、幾本かの光学ファイバーを用い、それらファイバー各々が定まっている異なった分だけ入り口瞳孔

からずれていて、各ファイバーを異なるコリメーションディスタンスに導くことによって達成される。ついで表示しようとする複数の光子を所望のコリメーションディスタンスに相当するファイバーを越させる。

第2の方法は、マイクロメカニカルミラーを使用してシングルファイバーから対物レンズへのパスレングスを調節することである。距離を調節することにより、各ピクセルに対するコリメーションディスタンスが設定できる。外部の力で変えられる屈折率をもつ媒体に光線を通すことで光学ディスタンスを調節できる。

前記の議論は、眼鏡形態に光学機構を適用する点に的を絞ったもので

あるが、光学機構は、ダイバーのマスク、消防士の顔覆い、宇宙飛行士の宇宙服マスク、危険物ボディースーツフェースマスクなどなどのようなフルフェースマスクシステムにも適用できるものである。図22は、光学システム870、フェースマスク構造体872及びコンピューター回路874をまとめ、フェースマスクシステム内に全部がまとめられたコンピューターを形成した例を示す。これによって、このシステムにおいては、フェースマスクが集められた回路を縁部に装着のための十分な領域を供給することができる。まとめられた回路類のサイズを小形にすれば、このようにしてディスプレイと回路類とを眼鏡に取り付けることができる。図22に示すように、ディスプレイをレンズの縁部に直接取り付けることができる。ダイビングマスクの場合には、回路とディスプレイとをフェースマスクの縁部内にポッティングし、防水にすることができる。

図22は、二つのディスプレイを示し、これによりステレオイメージが作られる。コンバイナーを通常の視野内に直接配置したり、(図示のように)通常の視野外に直接配置したりして、ディスプレイを見るためには、光学システムが置かれている場所に応じて、ユーザーが見上げたり、見下ろしたり、横を見たりしなければならないようにすることができる。フェースマスクに適したディスプレイ類は、アクティブ・マトリックス・エレクトロルミネッセント・ディスプレイ又はアクティブ・マトリックス液晶ディスプレイであり、これらは、市場で入手できる。

図2-3を参照すると、ビームスキャンニングデバイスが設けられていて、前記したように、レンズの使用と折り曲げにより、光学レンズ類を埋設した面に極めて小さなイメージ面が作られ、これがユーザーの目に向けられる。このイメージ面は、オプティカルファイバーからの光を小形化された面を構成する複数のポイントにわたってスキャンニングすることにより形成される。このスキャンされたピクセルは、回折制限スポットであるから、イメージ面は、極めて小さくなる。スキャンされたピクセルは、前記ファイバーに供給されたグレイレベルデータ及び／又はカラーデータと同期していて、小形イメージ面における各ポイントは、適当な光子ストリームでペイントされ、所望のイメージを前記スクリーンに作る。ファイバーにより前記スキャナーへ供給された光学データは、コンピュータ内で作られ、そのためグラフィック回路が光学ソース（レーザーなどの）セットをドライブして、所望の照度でレッド、グリーンおよびブルーの所望のコンビネーションを作るようにしなければならない。

前記ビームスキャナーは、マイクロエレクトロメカニカル・シリコン・マシニング（MEMS）により形成できる。前記スキャンニングシステムを形成する最もダイレクトの方法は、図2-3に示すように、光子らを所望のポイントに向けるために使用の水平方向及び垂直方向ミラー970, 971を作ることによるものである。垂直方向及び水平方向スキャンニングミラーは、接近させて作られ、リレイオプティックスを複雑にしないようにする。垂直方向スキャンニングミラー971は、コンベンショナルのフレームレートとして60Hzで振動することができる。マイクロマシニングされた導波管もまた作られる。

ビームステアリングデバイスをオプティカルファイバースで作ることができる。しかしながら、そのようなデバイスでの問題は、利用できるオプティカルファイバーの機械特性に拘束される点である。これに対し、本発明によるマイクロマシニングされたスキャナーの利点は、薄いフィルムを使用して、溶解石英ファイバー類では達成できない機械的共振周波数と構造における導波管ジオメトリとが調整できる点である。

上記したMEMSをベースとするスキャナーは、イメージ収集デバイ

スとしても働く。頭部装着ディスプレイにおける実施においては、アイトラッキングに使用できる目のリターンイメージをトランスミットするのに表示するオブティックスが使用できる。MEMSディスプレイと一緒にになったアイトラッカーの場合においては、スキャンニングシステムを含むディスプレイオブティックスは、図23に示すようにシステムからディテクターへ戻ることができるイメージの表示と目のイメージの収集両者に使用できる。

光子類を目へ供給することは、レシプロ光学プロセスを有し、前記システムが軸方向に整合していれば、網膜からの軸方向反射は、同じ光路にそって戻ることになる。リターンシグナルを最大にする位置に前記ミラーセットを配置することにより、網膜の角度位置、したがって、凝視の方向が決定される。

リターンシグナルの強度をいくつかの方法で増大できる。MEMSア

プローチにおいては、レッド、グリーン及びブルーの波長を前記光路にそって組み合わせ、カラー表示にする。さらにユーザーには知覚されない赤外線（IR）波長を第4のバンドとして付加する。この手段においては、赤外線パターンが目映し出され、戻りのパターンを検知することにより目の位置が測定される。

図23は、そのようなデバイスがどのように動作するかを図解する。可視光線とIR光線がスキャンニングミラー970へ同期して送られ、眼鏡のオブティカルシステムへ投射曝れ、そこから目へ投射される。目が前記射出瞳と整合していれば、リターンシグナルが前記光路へ反射される。このリターン（反射された）シグナルは、カプラー972へ伝播され、そこからディテクター674へ伝播される。照明光線がコンスタント（ブラックスクリーン）であれば、ついでピクセルズの反射ストリームは、実際には、目のピクセル化されたイメージであり、これは、コンピュータ976により目のイメージへリフォームされることができる。しかしながら、照明光線がイメージそれ自体であれば、ピクセルズの反射されたストリームは、オリジナルのイメージと反射されたイメージとが渦巻き状になったものからなる。この場合にも、前記コンピュータは、前記イメージを巻きほぐし（目へ送られたイメージは知られているから）、目のイメージを創る。他の方法は、目へ送られたイメージについて変調した可視光線とコンスタント

なIRを用い、目を照らしてリターンIRイメージを創る。これら方法のすべては、網膜のイメージをクリエートし、それから凝視の方向が測定できる。

図23に示したシステムは、図24に示すような眼鏡又は頭部装着ディスプレイ構造へのスタンダードなフラットパネルアプローチにも使用できる。このような場合、MEMSシステムが目のイメージのみを集め、ディスプレイイメージを作るのには用いられない。ディスプレイイメージは、フラットパネルディスプレイによりコンバイナーを介して提供される。

図25Aと図25Bとは、さらなる実施例を示し、そこでは、メインレンズ300の厚さ934を全く厚くせずに視野を広げることができる。さきに述べたように、コンバイナーインターフェース(図16の324)により導入される開口ストップの幅1003を増やすことにより広げられる。

図25Aは、対向する光路1001, 1002から光線を受ける二つ

の組み合わせられたインターフェース922, 921の使用を示す。注目すべき点は、図19に示した全屈折アプローチには、シングルのインターフェースとシングルの光路とが示されていた；この実施例は、開口ストップ1003を倍にして二つのそのような光路を組み合わせ使用している点である。

図25Bは、光がどのようにして二つの光路1001, 1002に分かれるかを示す。この特定の実施例においては、ディスプレイ320とレンズ360とが反射インターフェース923, 924に光線を当て、再組み合わせのインターフェース921, 922と対称になる態様で光線を二つの光路1001, 1002へスプリットする。図26は、メインレンズ300を平面図で示す。光線は、メインレンズ300へ入り、インターフェース923, 924で反射されて前記二つの光路にそう。メインレンズ300内に埋設された四つのミラー925が面921, 922へ光線を反射する。埋設されたミラー925は、それらの反射面がメインレンズ300の面に対しほぼ直交するように、したがって、メインレンズ300を経てユーザーの目へ送られる周囲の光景からの光線とほぼ平行に形成されている。したがって、ミラー925は、メインレンズ300を介してはちょっと見ただけでは見えない。さらに、インターフェース921, 922,

923, 924は、ディスプレイ32から出された特定範囲の波長を反射し、他の波長を反射しないようになされた誘電コーティングスを備え、この方法で、メインレンズ300内の迷反射光がなくなる。

図25Aと図25Bとにおける実施の特定の例は、直角のプリズムの側面で形成された二つの垂直な面921, 922から形成されたコンバイナーを備える。前記のように、上からの光線1001と下からの光線1002とが外部の光線306と組み合わせられてイメージを作り、メインレンズ300を厚くせずにディスプレイされるイメージの最大視界を倍にする。この方法で、コンバイナーの高さ1003をメインレンズ300の厚さの倍にできる一方、ビームスプリッターキューブにとって必要な角度45度を保つ。この実施例においては、図26の平面図に示すように、イメージを二つの光路からコンバイニングシステムに供給しなければならない。イメージを形成する光線は、面923, 924を介してメインレンズ300へ入り、これら面は、また直立面を形成するようになって

いる。これらの面で入光光線を二つの光路にスプリットする。下側の面923を介して入る光線は、光線1002によって示される光路を辿る。上側の面を介して入る光線は、光線1001によって示される光路を辿る。四つのミラー925が前記光路を折り曲げ、全体構成がメインレンズ300内に納まる。これらの例は、全屈折レンズをもつこのミラーシステムの使用を示しているが、さきに述べた他の実施例も使用できる。

前記光学構造に複数のイメージ面を配置することにより、面921, 922の頂点及び面923, 924の頂点を含む面が出ないようにする改良がさらになされる。この方法において、前記光線がスプリットされることによるファイナルのイメージにおける人為的なことを無くすることができる。これを達成する方法は、前記オプティカルシステムに必要なレンズ（例えば、360, 370又はミラー900のような）をこれらの面の近くに配置して、他の面にイメージを形成するようにすることである。

この発明は、四角なコンバイナーに限定されるものではなく、前記改良によりコンバイナーの幅1004に限定が加えられない。視野のアスペクトレ



シオは、必要に応じインターフェース920, 921をワイドにすることで単純に変えられる。

図27は、例えば、拡散スクリーン、マイクロレンズアレイ、ファイバーオプティック・フェースプレート又は回折光学要素からなる光学要素515を導入させることにより光学リレイ520から放射された光線の視野が増大される実施例を示す。要素515は、イメージ面が一致するように面511に相対で配置され、要素515にイメージが形成される。リレイ510がコヒーレントのファイバーバンドルである場合については、要素515は、端面511に直接接着されるか、又は、該端面にエッチングされる。リレイ510がGRINイメージリレイである場合には、要素515は、リレイ510により作られるイメージの位置に配置される。リレイ510がレンズである場合、要素515は、レンズシステムの焦点面におかれる。この方法においては、使用される要素又は要素の組み合わせのタイプに応じて、拡散、屈折又は回折メカニズムの一つ又は一つ以上によりピクセルズの視界を要素515が増大する。光学要素515がファイバ

ーオプティック・フェースプレートである場合については、該フェースプレートの一方向の面又は両面をカーブさせ、表示されるイメージのフィールド平坦性を改善する。

ここに記載した発明により、図28Aと図28Bとに示す眼鏡を作った。この実施例においては、メインレンズ300は、市販の眼鏡フレーム830内に内蔵させてある。メインレンズ300は、埋設された偏光ビームスプリットキューブ801と、埋設されたプリズム1100とを備え、これらは、アクティブマトリックス液晶ディスプレイ320からの光線を反射する。このディスプレイは、バックライト1103でバック照明され、該ディスプレイとバックライトは、ハウジング1103に納められている。該ディスプレイは、電子回路(図28A, 28Bには図示されていない)と電気的に接続されている。ディスプレイ320は、スペーサー1101に光学的に取り付けられ、該ディスプレイとレンズ370の面との間の媒体の屈折率が内部反射をなくすように比較的具合良くマッチングしているもので、該マテリアルズの屈折率は、1.4から1.6のレン

ジにある。ディスプレイ320は、該ディスプレイからの偏光光線が前記キューブのインターフェースを殆ど通過せずにキューブ801による目への反射にとり良好な方向を向くように配置されている。正のパワーをもつシングルの平凸レンズであるレンズ370により、キューブ801からの光線の両眼転導を下げ、かくしてユーザーが約50cmにあるヴァーチャルイメージを知覚できるようにする。負のパワーをもつシングルの平凹レンズであるレンズ410が周囲の光景からの光線を予め補正し、組み合わされたレンズ370、410が両眼転導が比較的なしに光線を送る。レンズ410、370の相対パワーと間隔及び／又はこの発明において規定されているような多重レンズ（例えば、ダブレット）を最適に選択することにより、前記キューブを介して見る周囲の光景の全体の歪みを減らすものである。この実施例におけるメインレンズ300（図16Aにおける934）の全体の厚さは、6.25mmである。

眼鏡フレーム830内にディスプレイシステムを完全に隠蔽させることは、バックライト1103とディスプレイ320とをハウジング内に納め、眼鏡フレームに内蔵させるため、これらをリパッケージングすることにより可能で

ある。図29は、フラットなバックライト1110、ディスプレイ320及びプリズム1111を眼鏡のテンプル1112に内蔵し、ディスプレイを隠す方法を示す。さらに、レンズ370、410又は他の光学レンズ類は、図29に示すように、又は、前記のようにメインレンズ300内に埋設できる。センサーとレンズ（すなわちカメラシステム）をアイトラッキングシステムでできるように、付加できるもので、両者については、すでに述べてある。この実施例においては、メインレンズ300の外観は、二焦点レンズに似ている。図29は、単眼用機具を示す；しかしながら、左と右の二つのメインレンズ300は、両眼システムに用いられる。また、左のメインレンズ300は、ディスプレイシステムを内蔵し、右のメインレンズ300は、センサーシステムを内蔵できる。埋設された光学レンズ類は、サングラスのように、偏光フィルム、フォトクロミックフィルム、濃淡に色づけされたフィルム又は反射フィルムを使用して、存在を隠すことができる。その結果、眼鏡ディスプレイシステムは、ちょっと調べた限りでは、ディ

スプレイ、カメラ又はアイトラッカーがないこれまでの眼鏡の外観美をもつ。

この発明は、添付の請求の範囲に指示されたものを除き、特に示され、記載されたものに限定されるものではない。

【 図 1 】

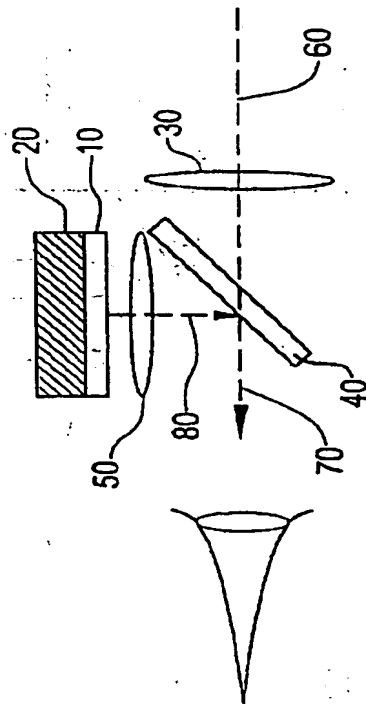


FIG. 1

~~PRIOR ART~~

従来技術

【 図 2 】

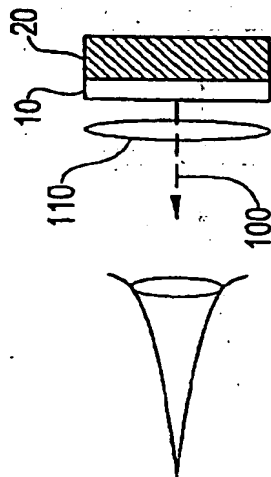
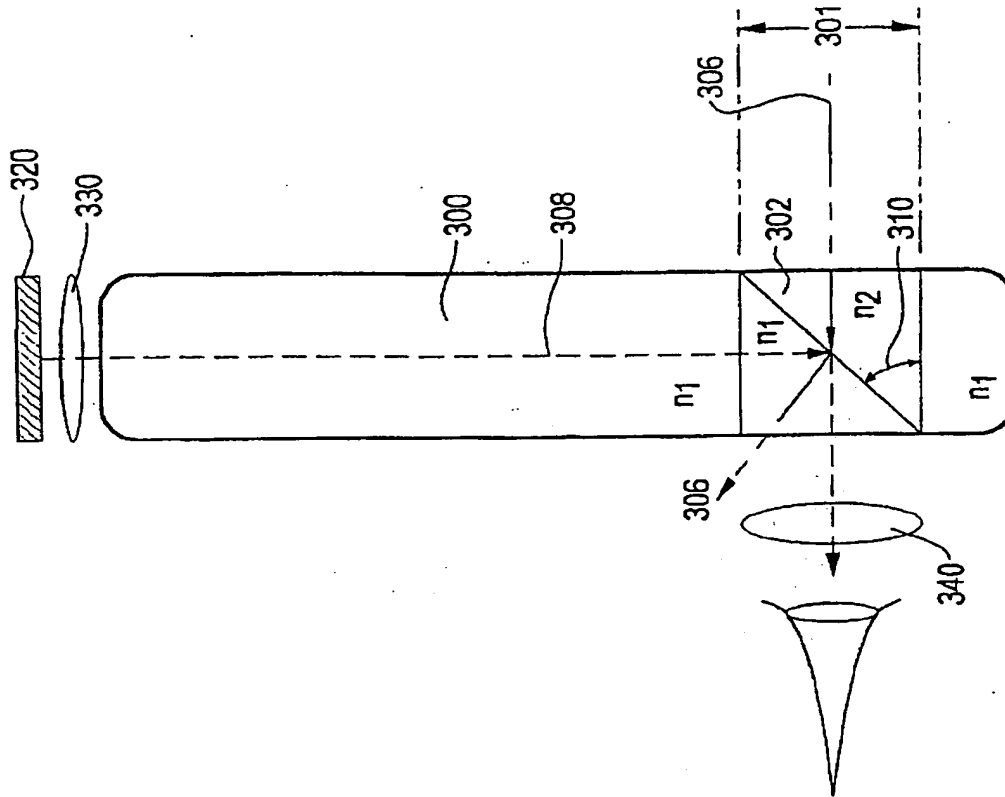


FIG. 2

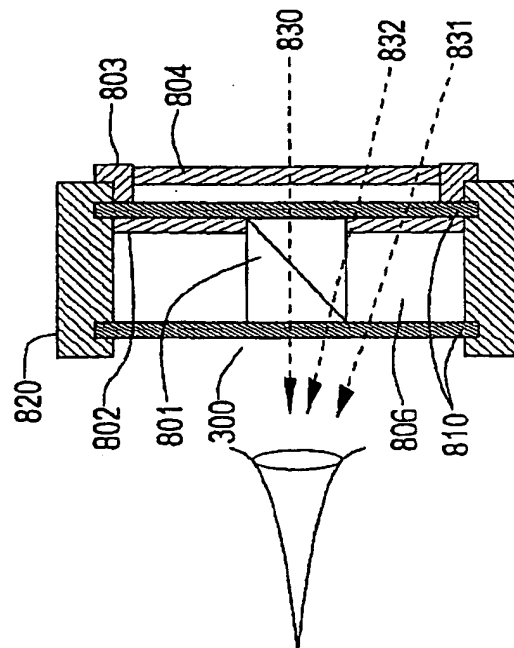
~~PRIOR ART~~

従来技術

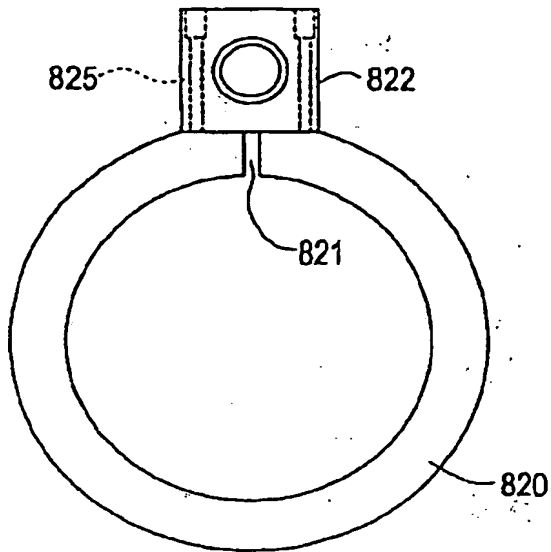
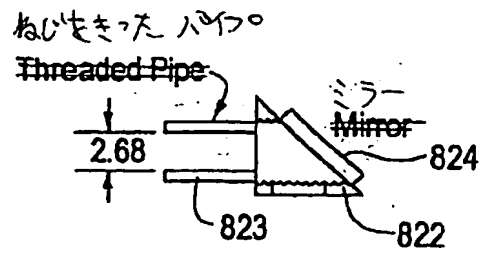
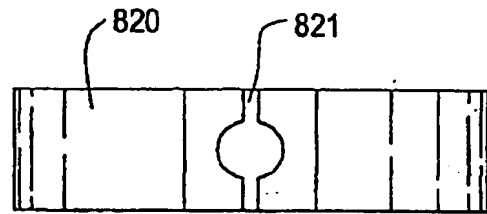
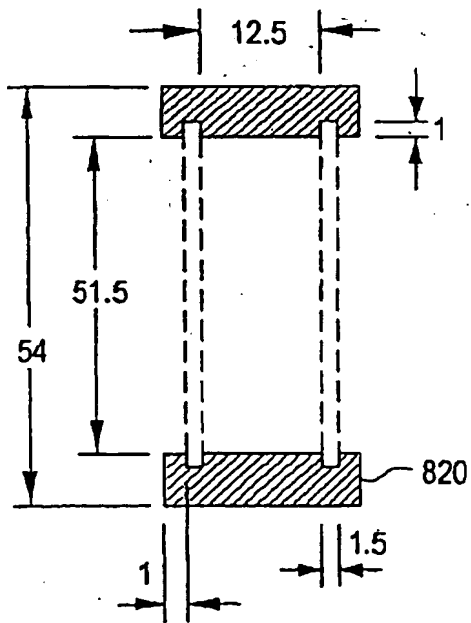
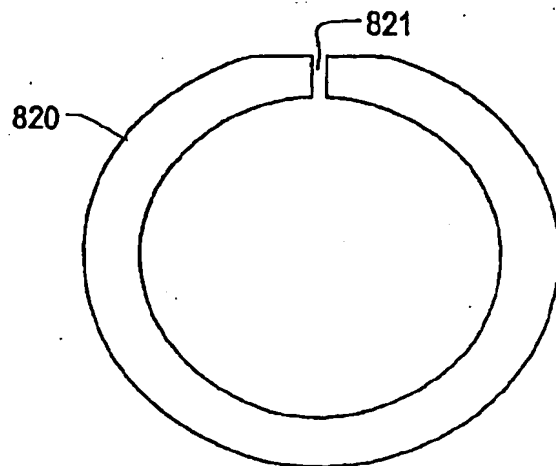
【 図 3 】



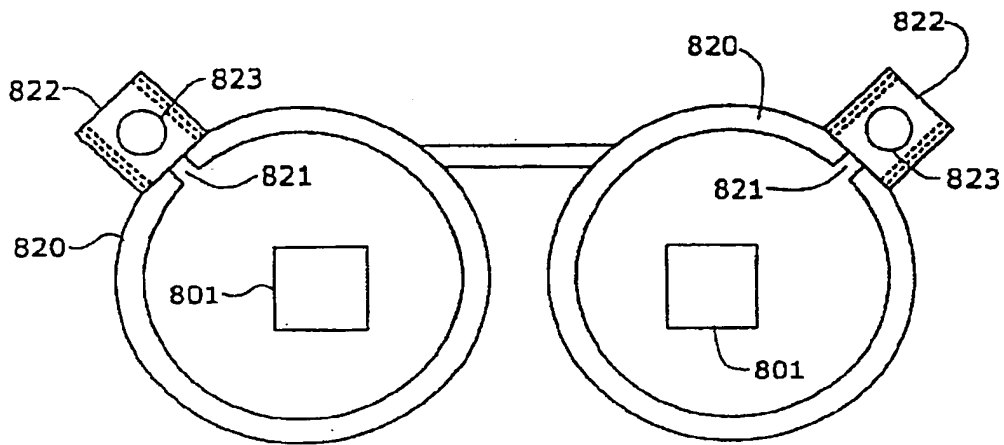
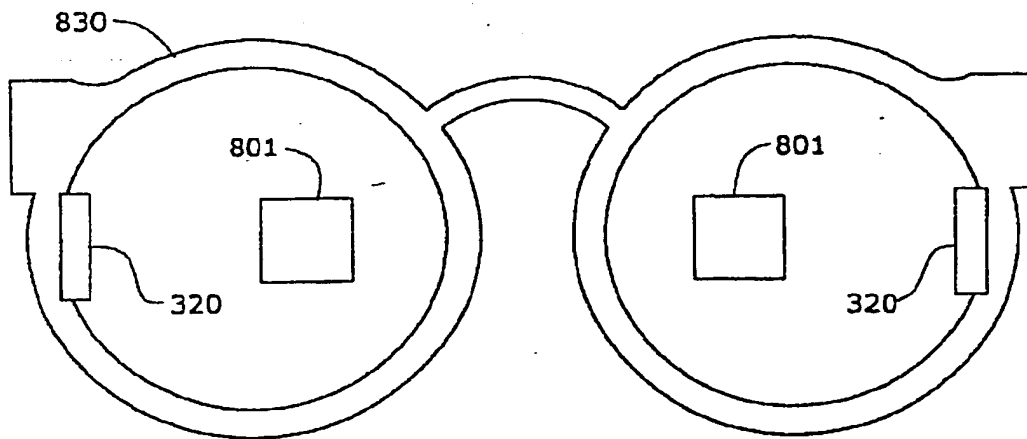
【 図 4 】



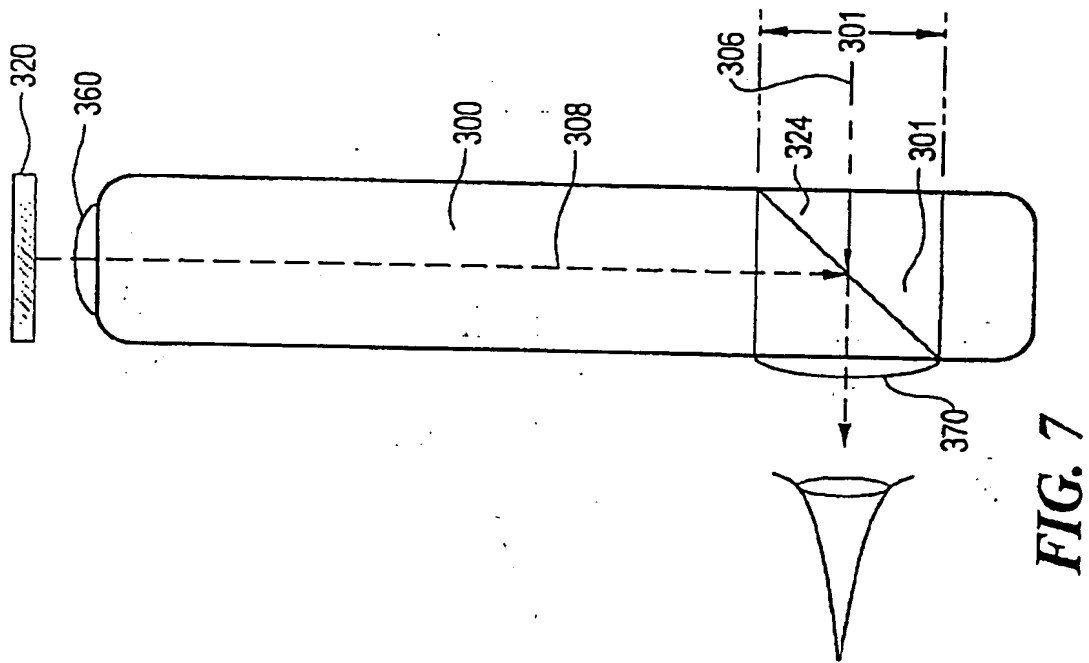
【 図 5 】

**FIG. 5A****FIG. 5B****FIG. 5C****FIG. 5D****FIG. 5E**

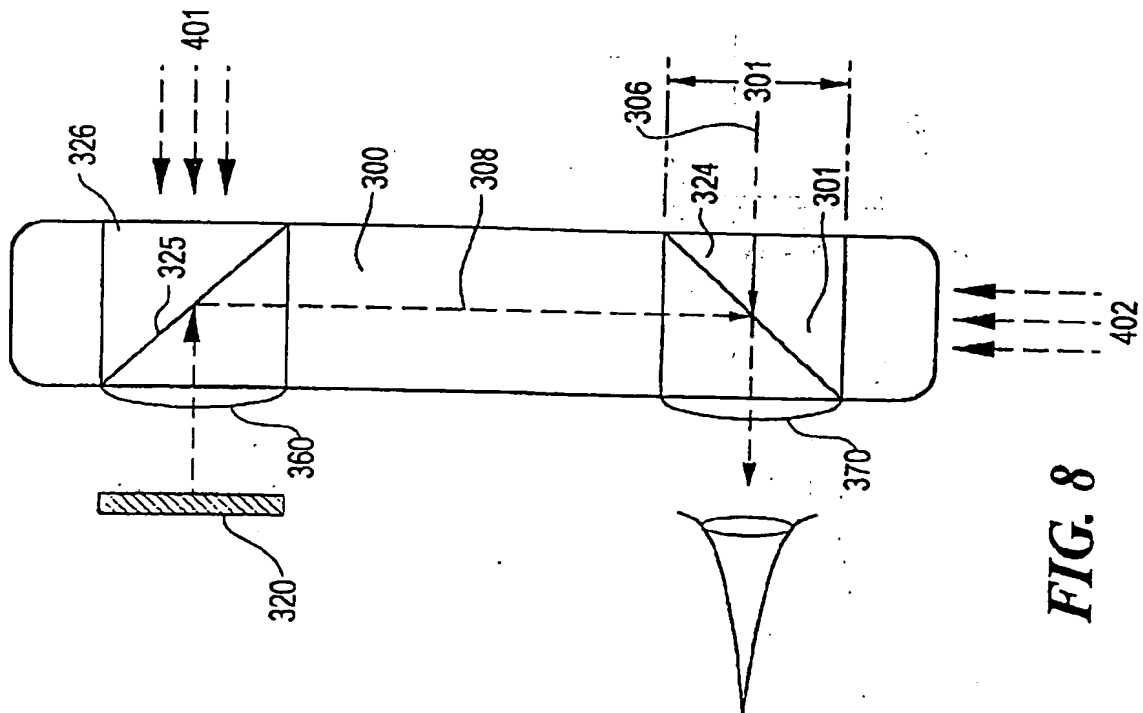
【 図 6 】

**FIG. 6A****FIG. 6B**

【 图 7 】



【 图 8 】



【 図 9 】

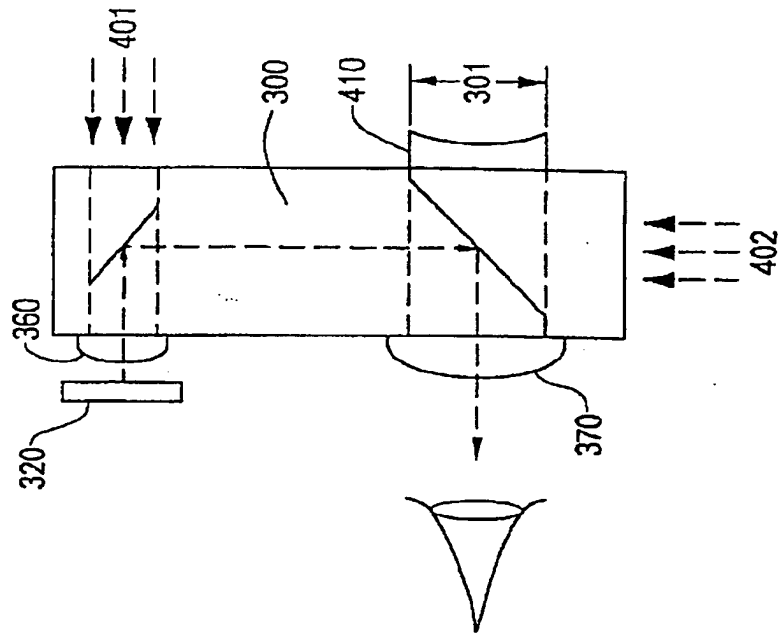


FIG. 9

【 図 10 】

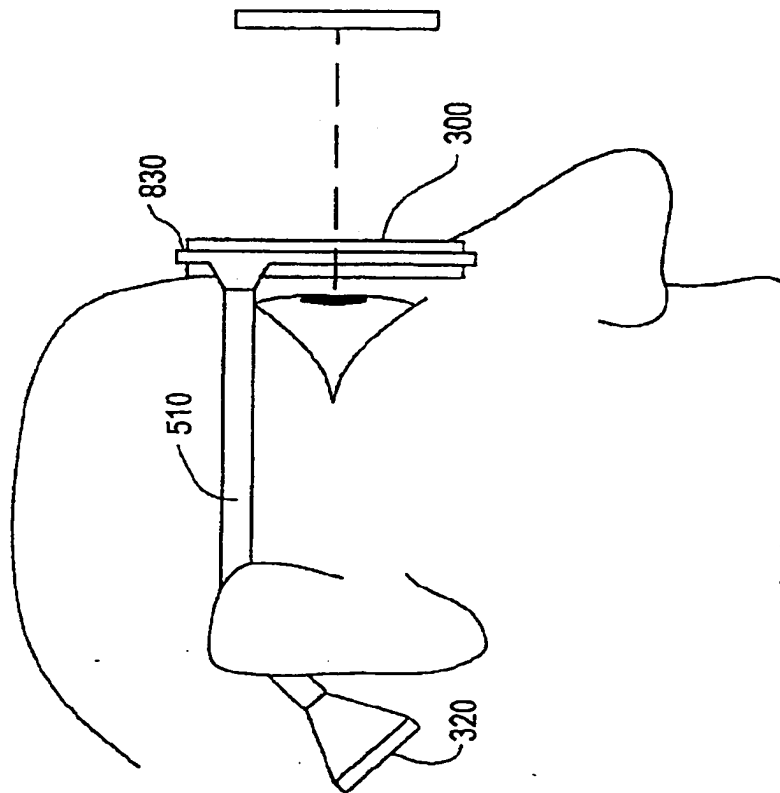
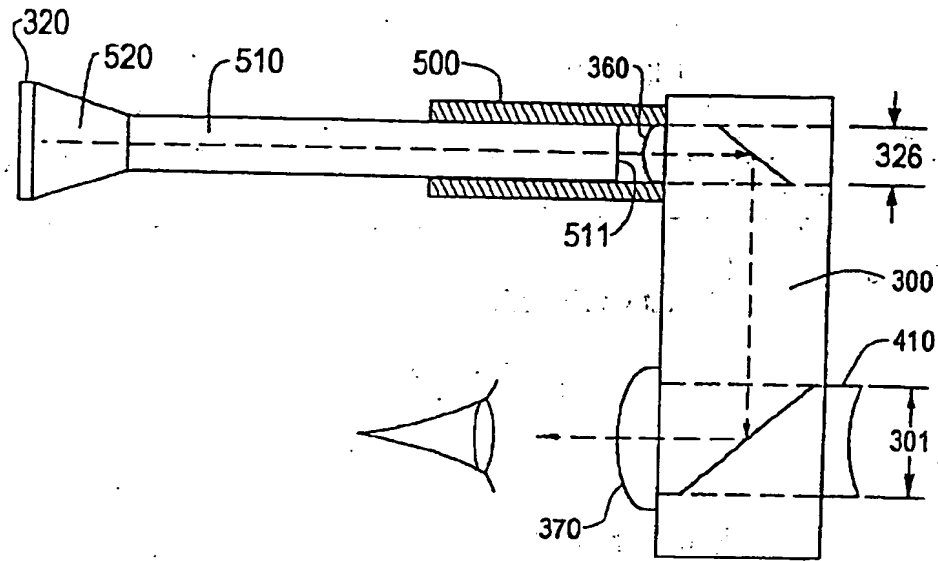


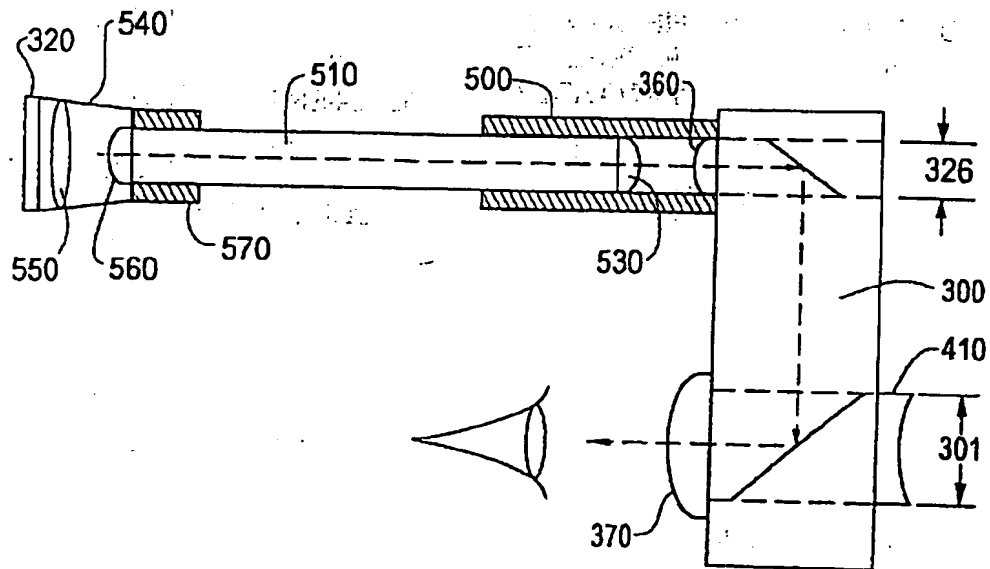
FIG. 10



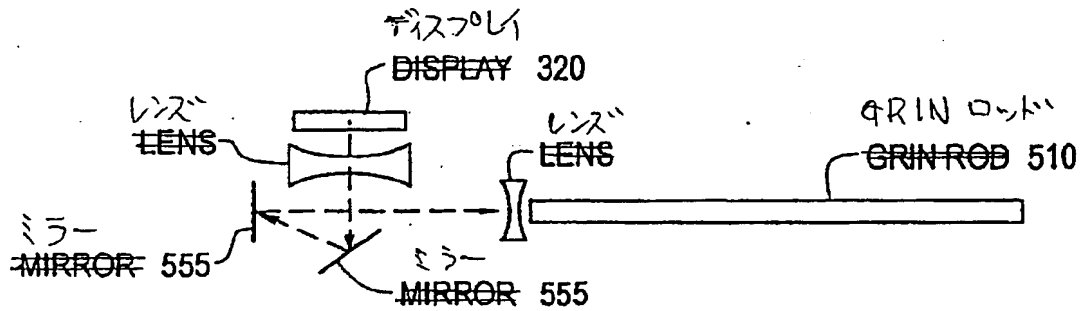
【 図 1 1 】

**FIG. 11**

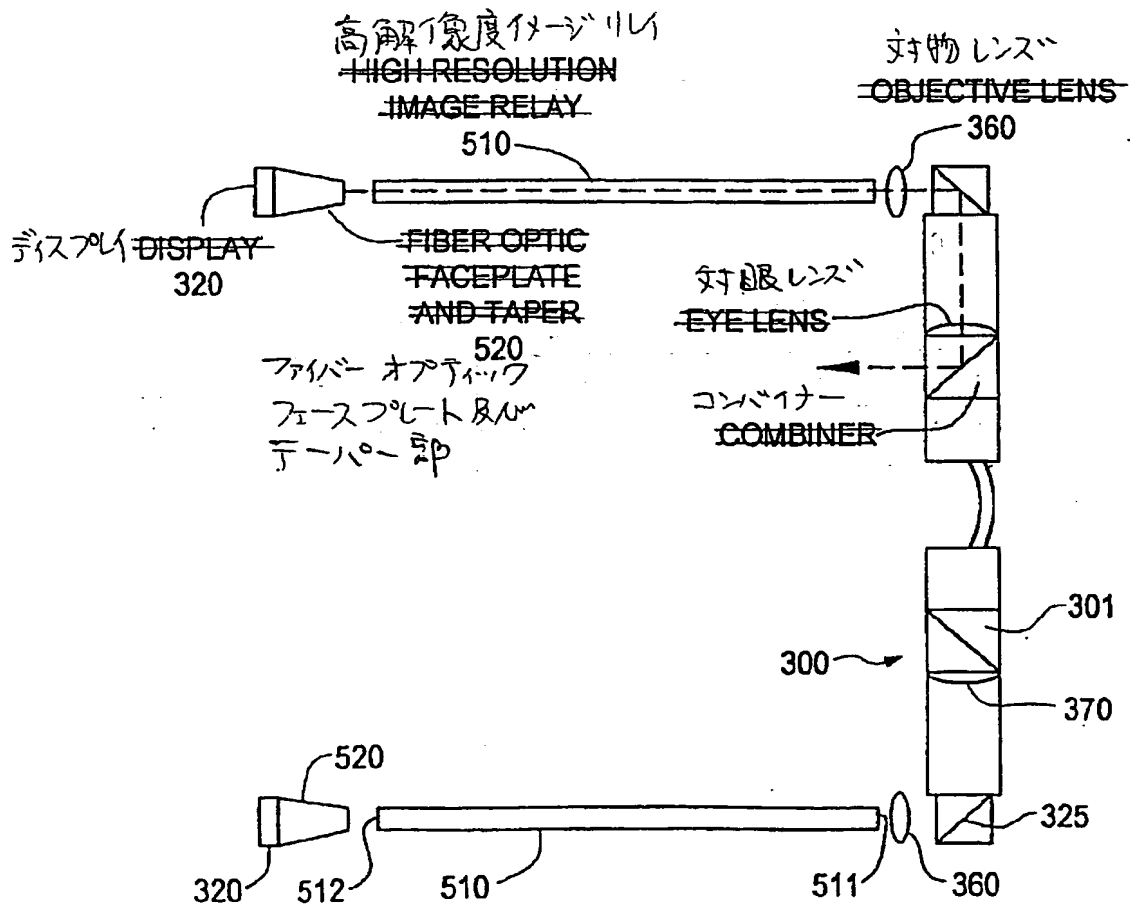
【 図 1 2 】

**FIG. 12**

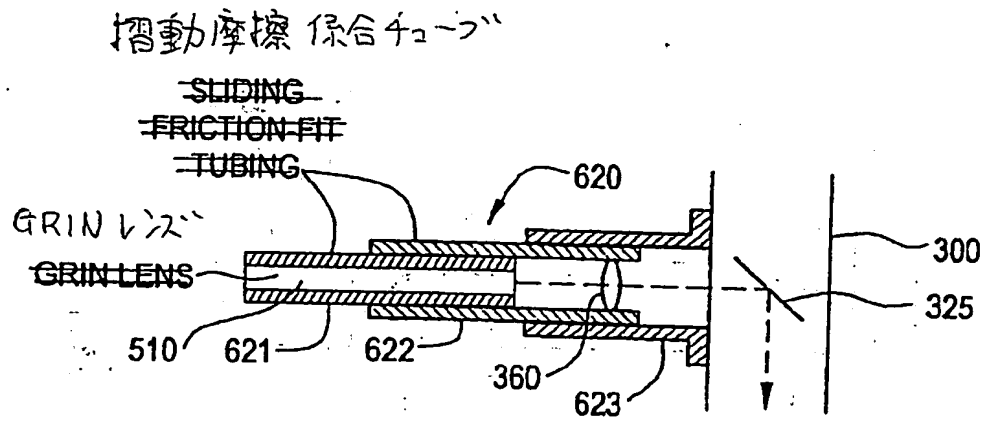
【 図 1 3 】

**FIG. 13**

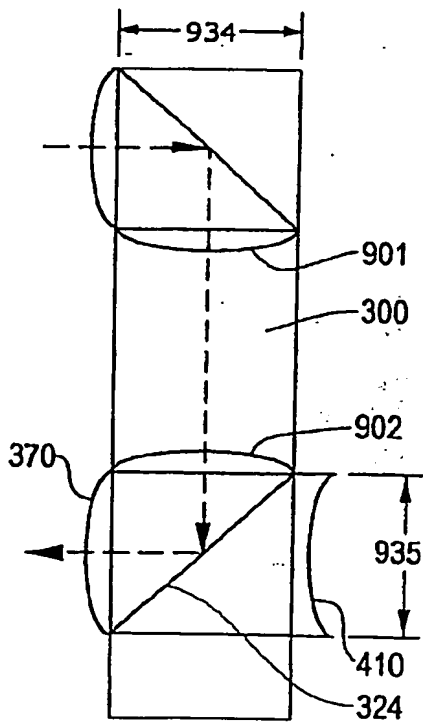
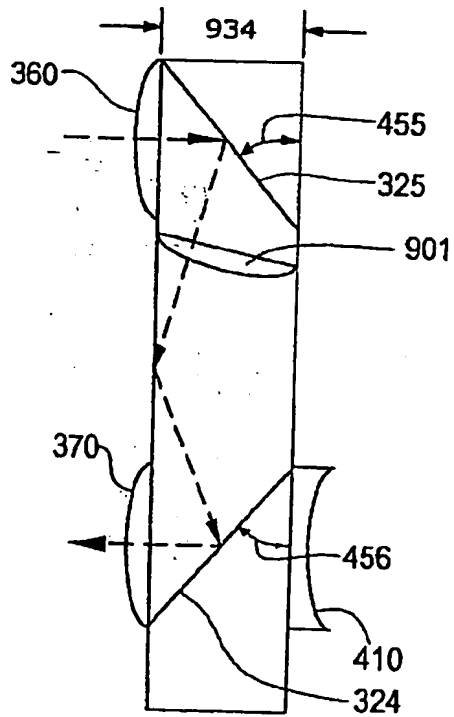
【 図 1 4 】

**FIG. 14**

【 図 1 5 】

**FIG. 15**

【 図 1 6 】

**FIG. 16A****FIG. 16B**

【 図 1 7 】

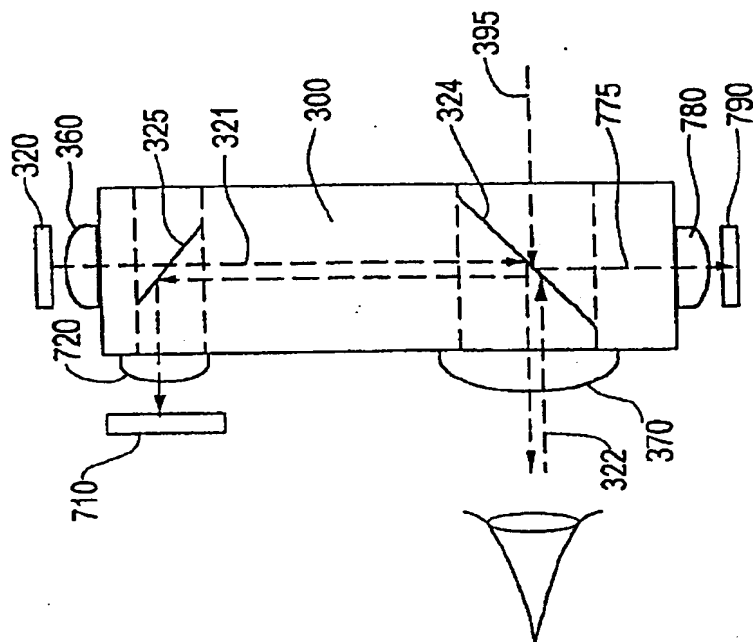


FIG. 17

【 図 1 8 】

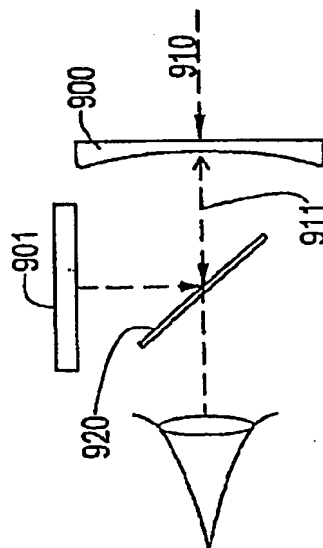


FIG. 18

~~PRIOR ART~~  
従来技術

【 図 1 9 】

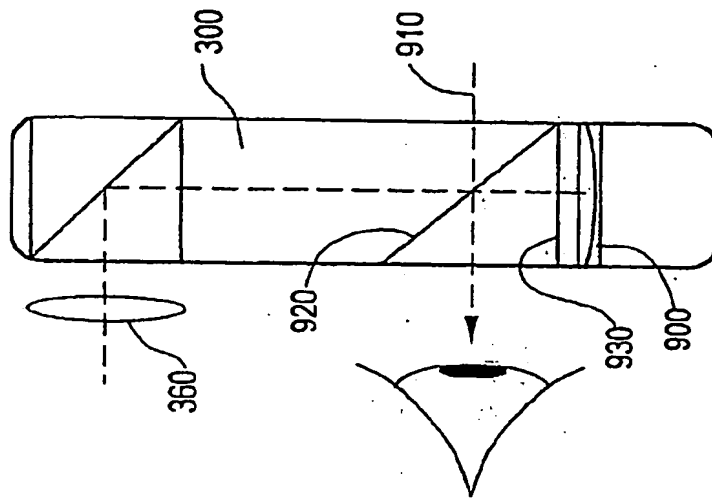


FIG. 19B

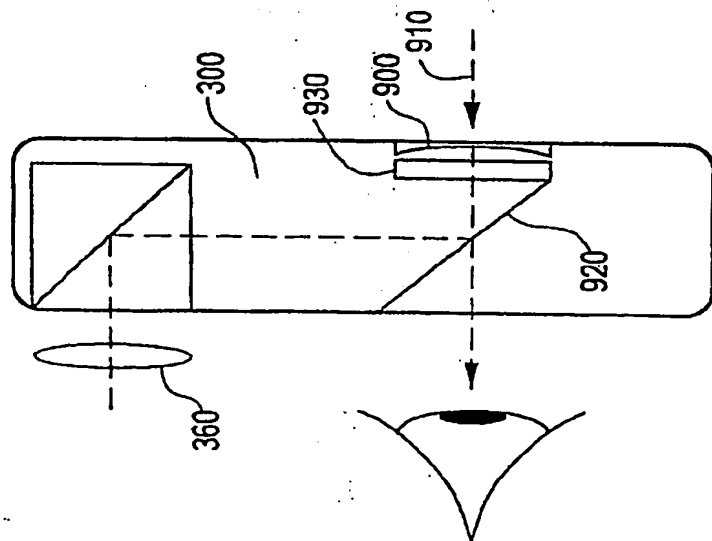


FIG. 19A

【 図 2 0 】

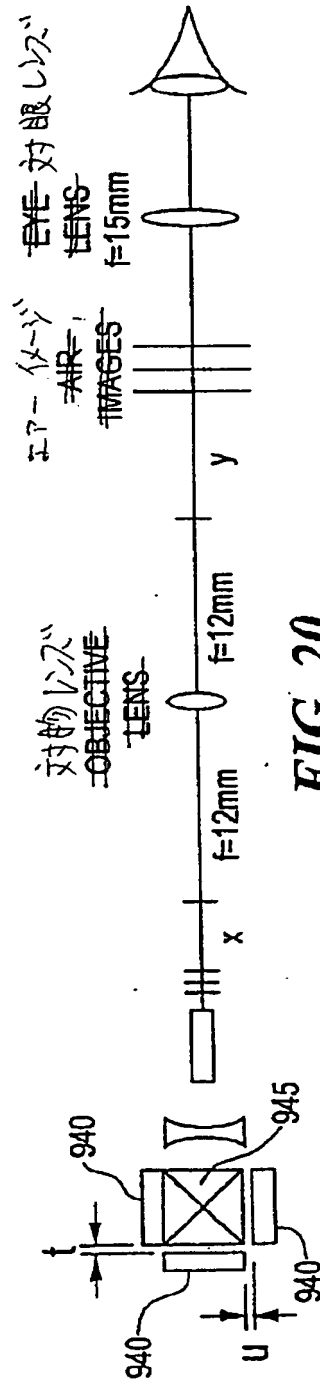


FIG. 20

【 図 2 1 】

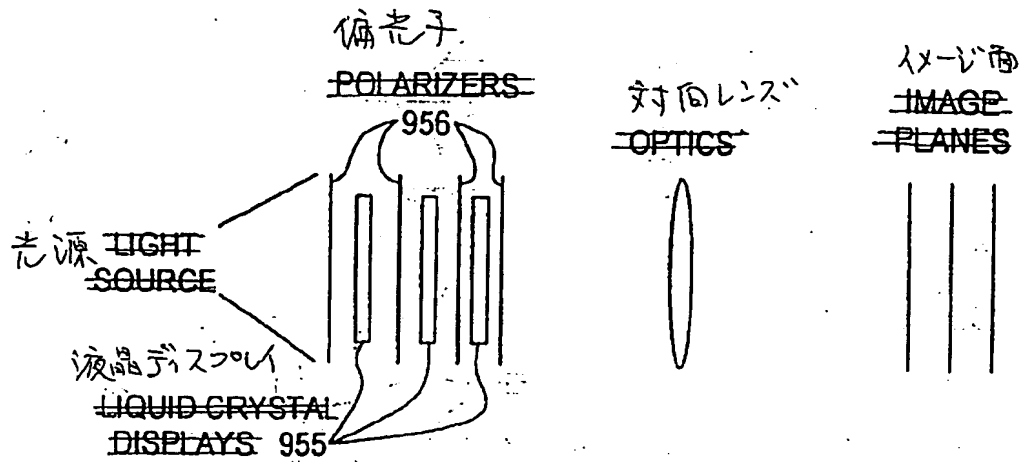


FIG. 21

【 図 2 2 】

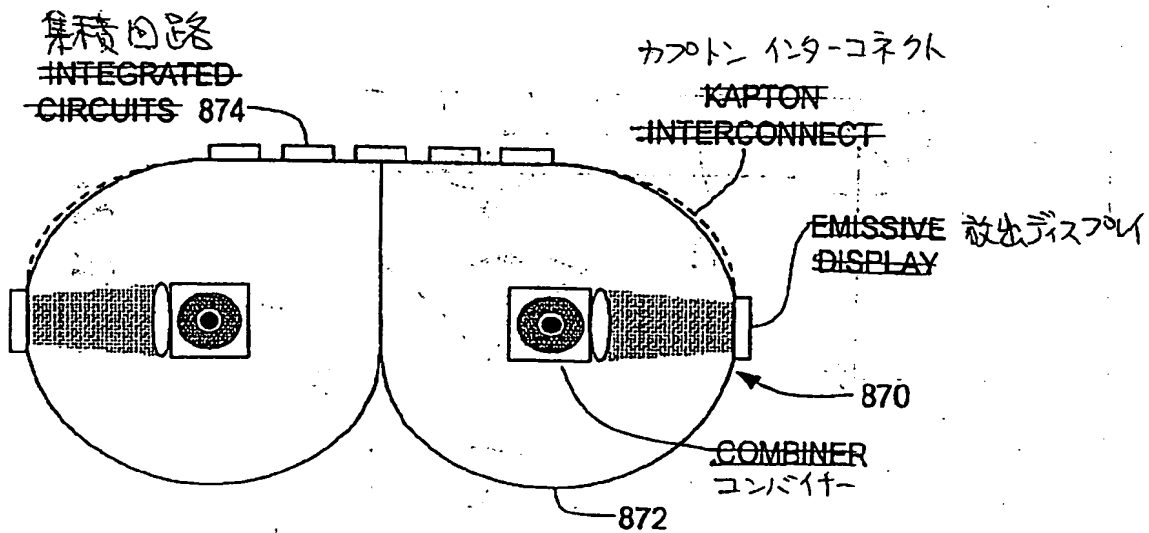


FIG. 22

【 図 2 3 】

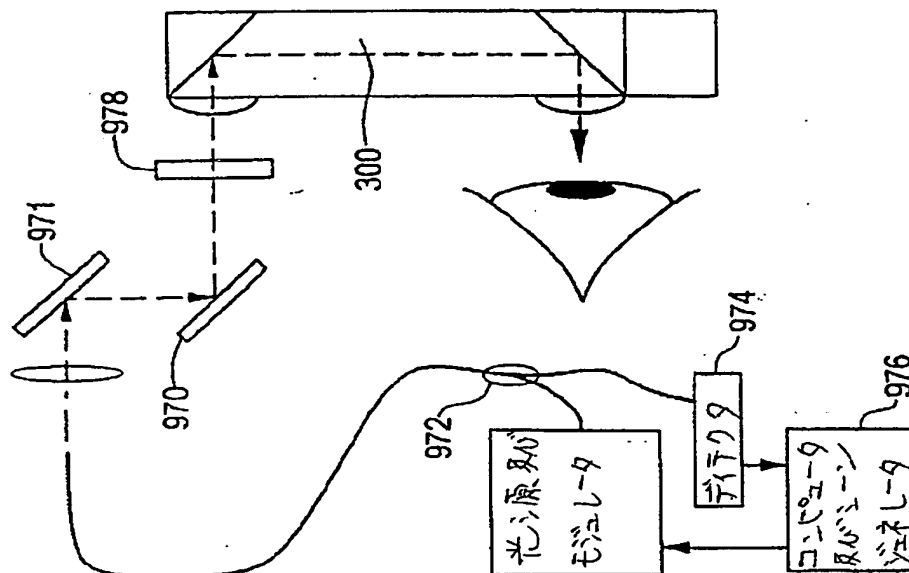


FIG. 23

【 図 2 4 】

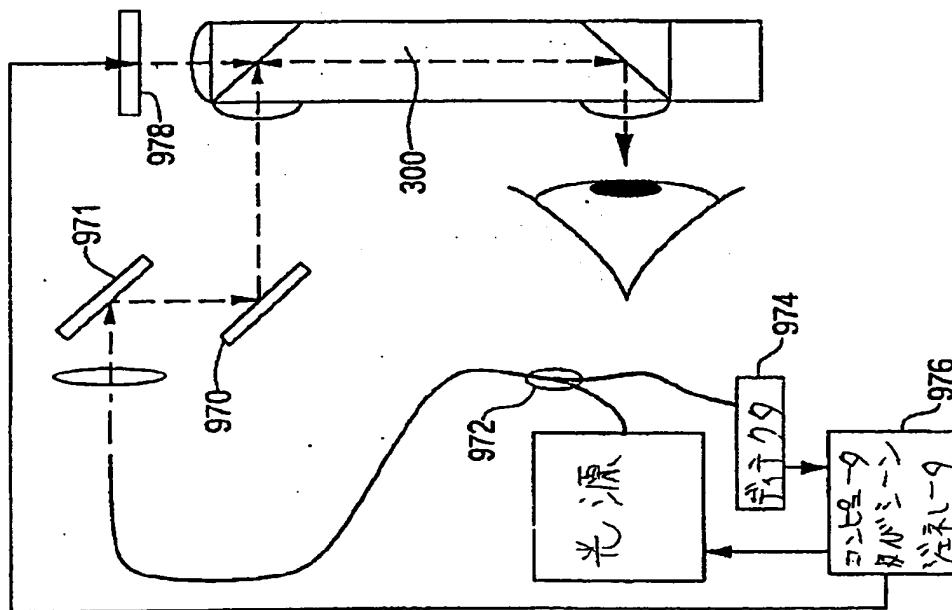


FIG. 24



【 图 2 5 】

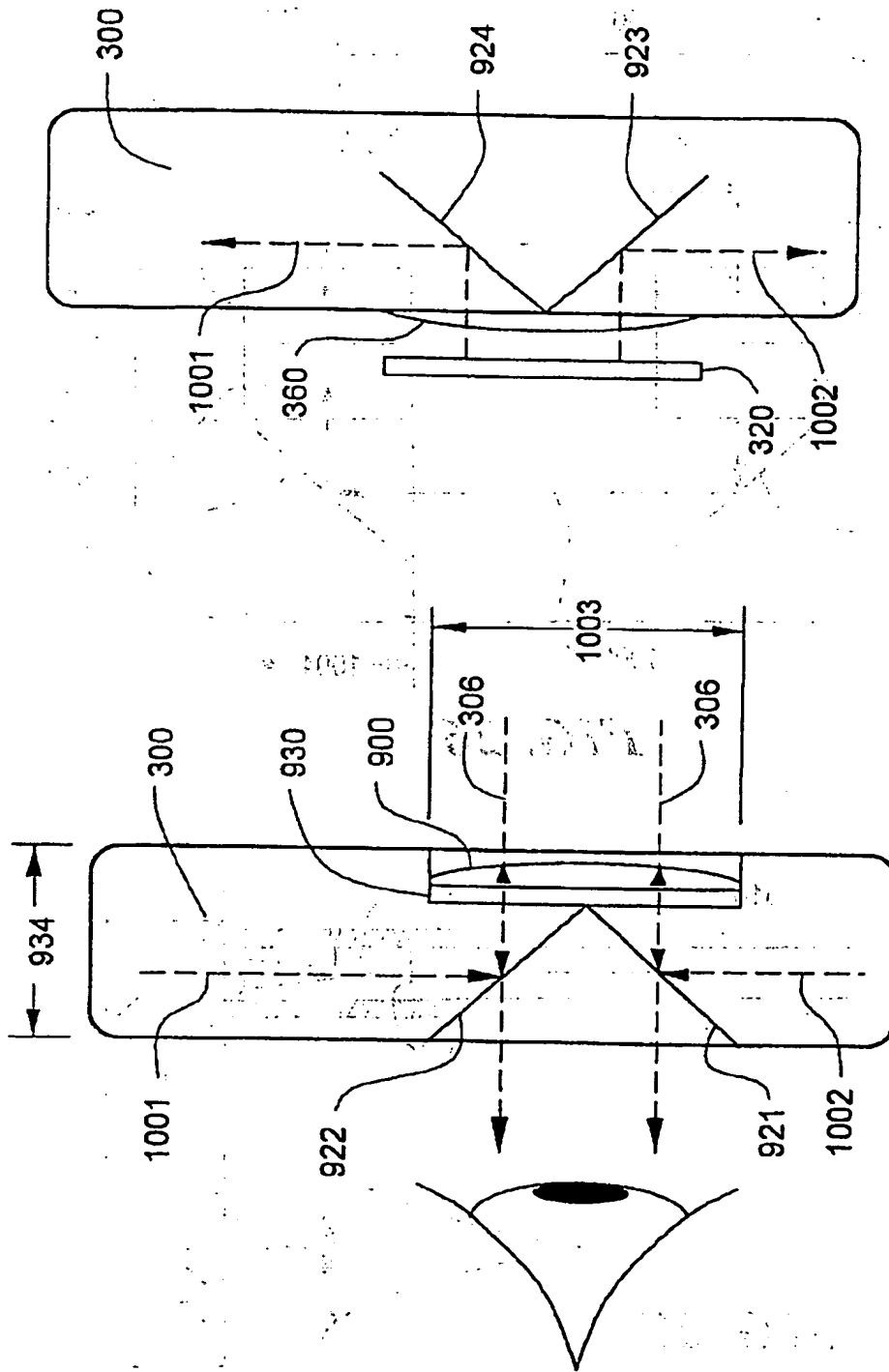
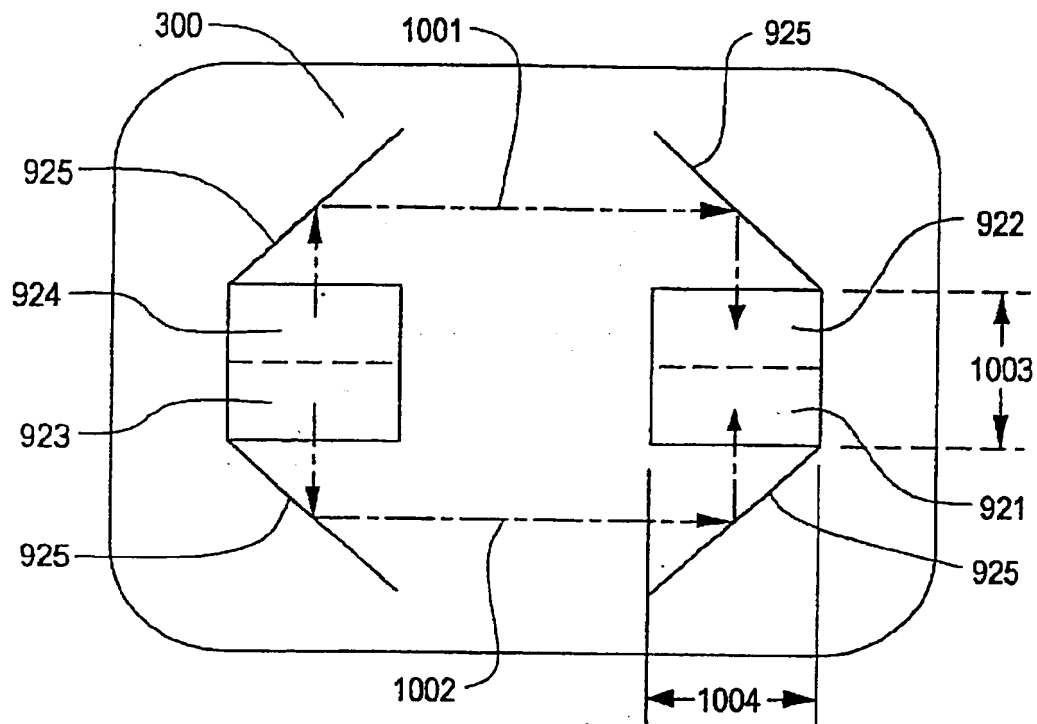


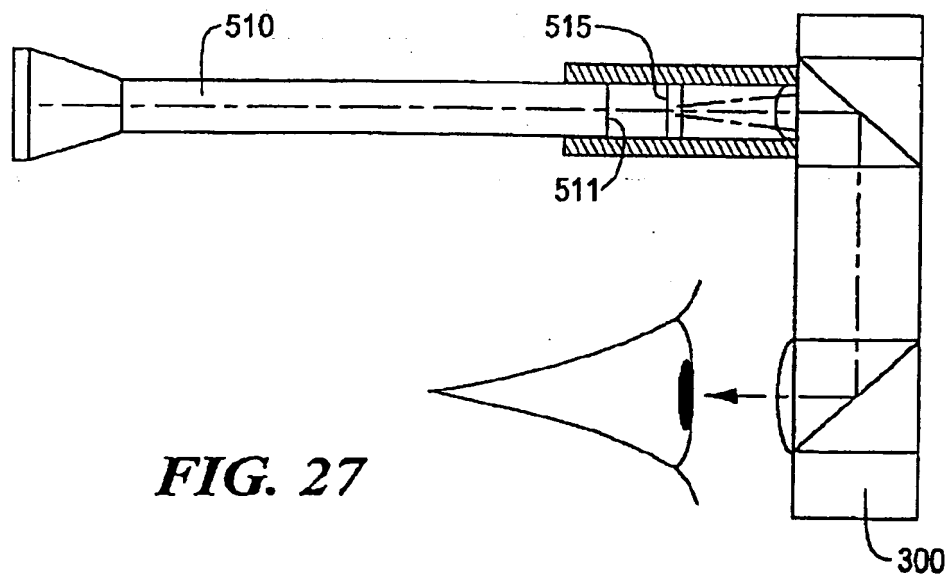
FIG. 25B

FIG. 25A

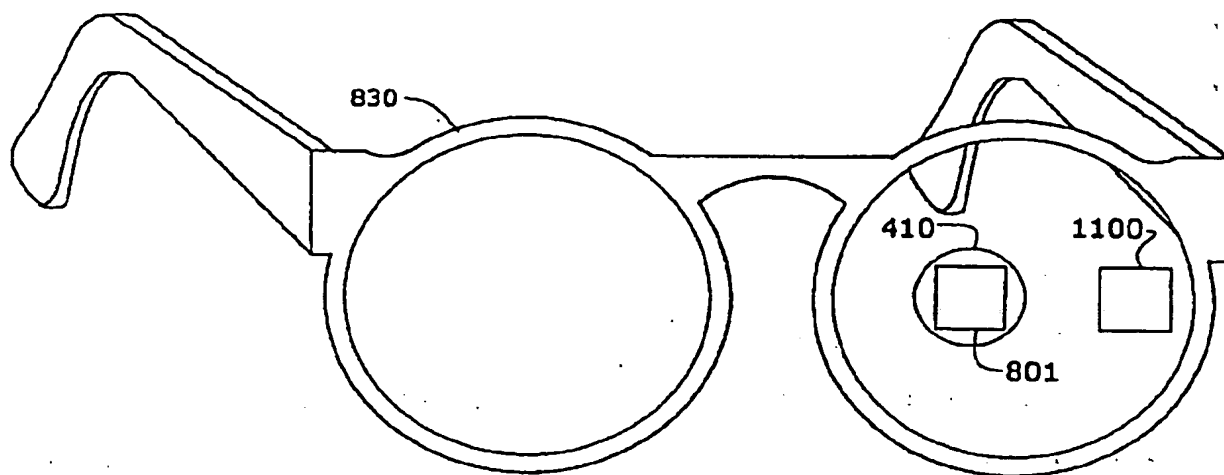
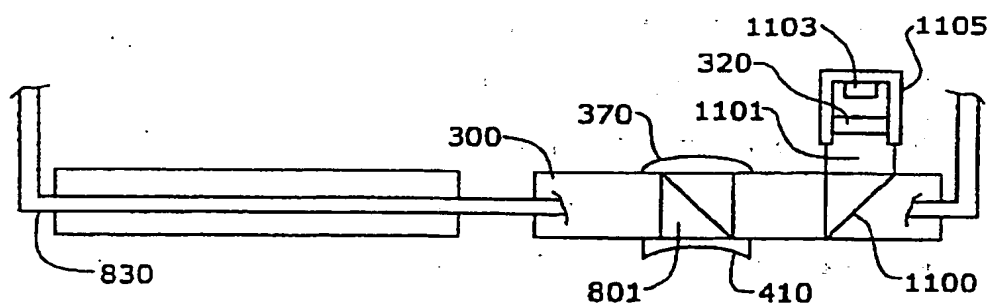
【 図 2 6 】

**FIG. 26**

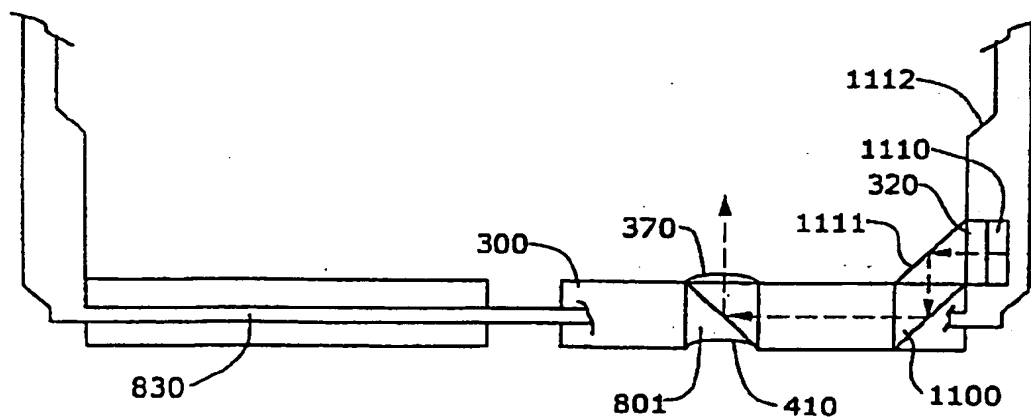
【 図 2 7 】

**FIG. 27**

【 図 28 】

**FIG. 28A****FIG. 28B**

【 図 29 】

**FIG. 29**

## 【手続補正書】

【提出日】平成11年4月27日(1999. 4. 27)

## 【補正内容】

## 明細書

## 発明の名称

眼鏡及びフェースマスクに対するイメージコンバイニングシステム

## 関連出願についての相互参照

この出願は、1996年10月8日に出願の米国仮出願第60/027, 998号の利益を35 U. S. C. 119 (e)に基づいて要求するものであり、前記出願の記述をここに参考文献として組み入れるものである。

## 連邦援助の研究又は開発に関する記載

この発明は、契約第DAKK60-96-Cに基づき合衆国陸軍のソルジャー・システムズ・コマンドにより与えられた政府援助によりなされたものである。政府は、この発明にある権利を所有する。

## 発明の背景

頭部装着イメージディスプレイ類（例えば、ミニチュアのディスプレイを組み込んだヘルメット、ゴーグル及び眼鏡類）及び文字と数字とを組み合わせ、ビデオ又はグラフィックフォームでデータを提供する他のコンパクトディスプレイシステムは、エビオニクス、医薬品、娯楽及び着用可能なコンピュータならびに数多くの他の分野に実施できる。例えば、米国特許5, 348, 477、5, 281, 960、4, 806, 001及び5, 162, 828を参照。頭部装着のディスプレイシステムの先行技術には、三つの主なタイプのものがある：“シースルー・システムズ”で、これは、ディスプレイされた電子イメージが周囲のイメージと組み合わせられ、ユーザーは、両方のイメージを見ることが出来るものであり；“シーアラウンド・システムズ”で、これは、ディスプレイされたイメージが周囲のイメージの一部を閉ざすものであり；そして“完全没頭システムズ”で、これは、周囲のイメージすべてが閉ざされ、この結果ユーザーは、電子的に作られたイメージしか見ることができないものである。システムズのすべて三つのタイプのものは、見る人の目にイメージを投射するレンズおよび類似品

を含む種々の手段を使用している。

最も簡単なシステムのものは、シーアラウンドタイプのものを備え、このタイプにおいては、一つ又はそれ以上のレンズに電子ディスプレイが設けてあり、ユーザーの目の前にぶらさがらなっている。このデバイスの主な限界は、該ディスプレイと光学システムとを頭部に対し動かすか、又は、頭部を動かして、収蔵された視界における周囲の光景をユーザーが眺めることができるようにしなければならない。このようなデバイスの第2の限界は、前記デバイスが頭部（又はヘルメット、ストラップ又は他の頭部に付ける支持具）から下げられていて、この結果、装置質量が頭部に対し不快な重量及び／又はトルクを付加してしまう点である。前記デバイスの第3の限界は、光学システムの射出瞳が正確に固定できず、このことは、光学システムの射出瞳を十分に大きくして使用時において起きるデバイスの種々の動きに適合するようにしなければならないことを意味する。

完全没入システムは、シーアラウンドシステムと同様な数多くの限界を有している。周囲の光景を見るには、頭部装着システムを外さなければならない。一般的に言って、このシステムは、前記シーアラウンドシステムに類似したディスプレイとレンズシステムとを備えるか、又は、ディスプレイ、レンズシステム及び反射スクリーンを備える。これらのシステムは、重く、負担がかかり、嵩張る。

シースルーシステムズは、最も複雑な光学構造のものになる。一般に、シースルーシステムズは、ディスプレイ、レンズシステム及び見るスクリーン又はコンバイナーを備える。シーアラウンドディスプレイの限界のすべては、周囲の光景を見るのに頭部装着システムを外す点を除き、シースルーディスプレイにも当てはまる。しかしながら、この利点のためには、光学コンポーネントをさらに付加する必要がある、したがって、該システムが重くなる。

上記した頭部装着ディスプレイの三つのタイプ全てにおいては、よりコンベンショナルの光学支持具（コンベンショナルの眼鏡フレーム類による更に簡単な支持具）よりむしろ、大きなバイザーなどをもつゴーグル類、ヘルメット類、つり下げバンド類、異常に嵩ばったサングラスフレーム類に光学システムズ

を取り付ける必要があるという更に別の限界がある。この限界は、そのようなデバイスにユーザーが慣れ親しむことを要求する。

従来技術のディスプレイの他の限界は、照明を行う必要がある点である。例えば、液晶ディスプレイを使用する頭部装着ディスプレイシステムは、該ディスプレイを照らすランプを必要とする。これらのランプは、電力を消費し、ユーザーの頭部近くで発熱し、システム全体が大きくなり、重くなる。

従来技術のさらにキイとなる限界は、眼鏡システムの外側における光路を使用することである。例えば、米国特許5,348,477においては、ウエルヒは、イメージリレイとレンズセット及び眼鏡フレームと眼鏡レンズとの外部に装着されたスクリーンを備えたシステムを記載している。フリースペース光路、コンバイナー及び類似ものの使用は、コンベンショナルの眼鏡に近づくためのアプローチにおける小形化を極めて困難なものにしている。米国特許5,162,828におけるファーネス他は、ゴーグル又は眼鏡のトップに位置させたディスプレイ及び固定又は調節可能で、透明体の底部に位置するミラーをもつ、ゴーグルに見られるような透明なスクリーンに基づくシースルーシステムでこの限界にアドレスしようとしている。このアプローチは、複雑性を低下させてはいるが、このシステムは、それでも透明体の下又は背後のコンベンショナルではない露出箇所に位置する少なくとも一つのミラーを必要とする。ペレラ（米国特許4,867,551及び4,751,691）及びベッティンガー（米国特許4,806,011）により開示された眼鏡も眼鏡フレームにつり下げられたミラーを必要とする。機械的につり下げられたミラー類をもつシステムの特定の限界は、そのような付属物においては、ミラーの光学面が使用中ダメージを受けたり、壊れたり、又は、偶発的に当たってユーザーの目を損傷したりするおそれが多分にあることに起因する。さらに、これらのシステムは、特殊の光学付属物を含むから、コンベンショナルな目に着用するものの理想的な形にはならない。

#### 発明の概要

この発明は、イメージソース又はイメージディスプレイ、レンズシステム及び眼鏡フレーム又はフェースマスクを備える。該ディスプレイは、屈折率

分布型レンズ導管、コーヒレントファイバーオプティックバンドル又はレンズイメージリレイのようなイメージ導管を用いて眼鏡レンズから離れて前記ディスプレイが配置され、頭部にかかる前記システムの重量をバランスさせるため、又は熱源（前記ディスプレイ又はバックライト）を顔面から離れるように場所を変えるため、又は、外見を装う理由又は其の他の理由のために望ましいものであれば、前記ディスプレイを頭部の背後に位置させることができるようになる。眼鏡レンズシステムは、全部が内部で内部反射させる面、部分的にシルバーめっきされているミラー、又は誘電コーティングス、又はホログラフィ面又は回折面及びヴァージェンス（傾き、vergence）補正のための一つ又は複数の光学面をもって形成されていて、前記ディスプレイからのイメージがユーザーの視界に位置する部分反射面又は全反射面へのレンズを介して内部的にユーザーの目へリレイされる。さらに、前記レンズシステムは、部分的にシルバーめっきされたミラー又は誘電コーティングスで外部の光線に対し部分的に透明であるから、周囲の情景は、コンベンショナルの眼鏡のように、比較的損なわれずにユーザーへ提供される。これらの光学要素は、眼鏡フレーム又は眼鏡レンズ内に埋設でき、光学面（レンズ類又はリフレクター類）を前記システムに付加して前記ディスプレイを拡大させたり、コンベンショナルの眼鏡のようにユーザーの視力を補正したりできるようになっている。従来技術に優るこのアプローチの主たる利点は、前記光学システムを小さくして、眼鏡レンズ内に集積できる形にし、これでコンベンショナルの眼鏡には通常見られない外部の付属物及び異常に嵩張るフリースペース光学コンポーネンツがなくなる結果になる。

したがって、この発明は、コンパクトな頭部装着ディスプレイシステムの光学機能を提供するシースルー、シーアラウンド又は完全没入光学システムを提供する。このシステムは、眼鏡又はフェースマスク内に一体化されることができる。このシステムは、また、前記ディスプレイを物理的に動かさずに、完全没入からシーアラウンド又はシースルーへスイッチングできる。

前記システムは、周囲の光を使って前記ディスプレイを照明し、したがって、従来技術のシステムよりも電力消費が少ない。このシステムは、また、ユーザーの目の前には、偶発的に衝撃を受けて目を傷つけるような機械的付属物

が位置していない点で有利である。さらに反射面は、一切露出していないので、光学劣化を受けない。本発明のさらなる実施例においては、イメージを捕捉し、アイトラッキングできるようになっている。

#### 図面の記述

添付の図面を参酌しながら以下の詳細な記述から発明がより完全に理解されるものであり、図面において：

図 1 は、従来技術のシースルー頭部装着ディスプレイシステム；

図 2 は、従来技術のシーアラウンド頭部装着ディスプレイシステム；

図 3 は、本発明の頭部装着イメージコンバイニングレンズシステム；

図 4 は、本発明の頭部装着イメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 5 A は、コンバイナーを外したイメージコンバイニングシステムのための眼鏡フレームの一部の正面図；

図 5 B は、イメージソースから眼鏡フレームへ光路を設けるマウントの側面図；

図 5 C は、マウントを外した図 5 A の眼鏡フレームの一部の平面図；

図 5 D は、マウントとコンバイナーとを外した図 5 A の眼鏡フレームの側面図；

図 5 E は、マウントとコンバイナーとを外した図 5 A の眼鏡フレームの正面図；

図 6 A は、両眼イメージコンバイニングシステムのための眼鏡フレームの正面図；

図 6 B は、両眼イメージコンバイニングシステムのための眼鏡フレームの別の実施例の正面図；

図 7 は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 8 は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；



図 9 は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 10 は、本発明によるイメージコンバイニングレンズシステムとイメージソース及び光路がマウントされている眼鏡フレームとの図解；

図 11 は、本発明によるイメージソースと、そこからの光路とに関連するイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 12 は、本発明によるイメージソースと、そこからの光路とに関連するイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 13 は、折り曲げられた光路をもつイメージコンバイニングシステムのさらに別の実施例；

図 14 は、本発明による眼鏡に一体にしたイメージコンバイニングシステムの平面図；

図 15 は、本発明によるイメージソースからイメージコンバイニングレンズシステムへの光路を取り付けるチューブマウントの図解；

図 16 A は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 16 B は、本発明のイメージコンバイニングレンズシステムのさらに別の実施例；

図 17 は、本発明によるイメージ獲得及びアイトラッキングとに関連するイメージコンバイニングシステムのさらに別の実施例；

図 18 は、フリースペースにおけるコンバイナーに基づく従来技術の反射屈折光学ディスプレイ；

図 19 A は、本発明の反射屈折光学システム；

図 19 B は、本発明の反射屈折光学システムの別の実施例；

図 20 は、本発明によるマルチプル・コリメーションディスタンスを組み込んだイメージコンバイニングシステム；

図 21 は、本発明によるマルチプル・コリメーションディスタンスを組み込んだイメージコンバイニングシステムの別の実施例；

図 22 は、本発明による集積されたイメージコンバイニングシステム

とコンピュータ回路とをもつフェースマスク構造；

図 2 3 は、本発明によるアイトラッキングのためのスキャニングミラーと関連のイメージコンバイニングシステム；

図 2 4 は、アイトラッキングのためのスキャニングミラーとフラットパネルディスプレイと関連のイメージコンバイニングシステム；

図 2 5 A は、本発明による増加された視野を有するイメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 2 5 B は、光線を二つのパスに分けることを図解する図 2 5 A の実施例；

図 2 6 は、図 2 5 のイメージコンバイニングレンズシステムの平面図；

図 2 7 は、本発明による光路と視野が増加したイメージソースとに関連のイメージコンバイニングレンズシステムの別の実施例；

図 2 8 A は、本発明により作られた眼鏡の略図的斜視図；

図 2 8 B は、図 2 8 A の眼鏡の一部を切断した平面図；そして

図 2 9 は、本発明による眼鏡の別の実施例の平面図である。

#### 発明の詳細な記述

図 1 は、レンズとコンバイナー（組み合わせるもの）とに基づく従来技術のシースルー頭部装着ディスプレイシステムを図解するものである。ディスプレイ 10 とバックライト 20 とがレンズ 50 と共にユーザーの視線の上に装着されている。ディスプレイ 10 からの光線 80 は、レンズ 50 を通過してコンバイナー 40 で反射されてユーザーの目に向かう。周囲の情景からの光線 60 は、レンズ 30 を通り、そして、またコンバイナー 40 を通過して前記ディスプレイからの光線 80 と一致する。かくてユーザーは、前記ディスプレイと前記周囲の情景とからの光線が重なり合ったものからなるイメージを視認する。このシステムのレンズは、前記光線に対し適当なヴァージェンス（傾き、vergence）を与え、前記イメージは、所望の深さで視認される。一般的には、このシステムの種々のパーツのサイズは、0.5 から 2.0 インチのオーダーで、大きな出口孔にな

り、このシステムが高張ってしまうハウジングとフレームとが必要になる。さらに、重量がユーザーの頭部に望ましくないトルクを生んでしまうような配分になってしまう。

図2は、シーアラウンド技術を含む別の従来技術の頭部装着ディスプレイのアプローチを図解する。ディスプレイ10とバックライト20とがレンズ110と共に装着され、光線100は、適当なヴァージェンス（傾き, vergence）をもって目に向かう。パーツが少なくなっているこのディスプレイシステムは、前記シースルーディスプレイよりもいくらか軽いが、周囲の光線が入らない。さらに、ハット類やヘッドバンド類に取り付けのシーアラウンド及びシースルーディスプレイ両者は、周りのものに引っ掛かりやすい。

この発明の一つの好ましい実施例は、図3に示されている。イメージソース又はディスプレイ320とレンズ330とが以下“メインレンズ”300という第2の“レンズ”又はレンズシステム300のエッジに装着されている。メインレンズ300は、さらに詳しくは、眼鏡レンズ（視力矯正光学パワーを有しているもの又は有していないもの）及び例えば二焦点インサートの態様に作られているインサート301の構造のものである。かくして、メインレンズ300は、眼鏡フレームにおけるシングルレンズ（又は二焦点レンズの場合におけるレンズシステム）に置き替わるものとして理解される。メインレンズ300は、さらに正確には、埋設されたレンズ群及び他の光学コンポーネンツ及び光学面からなる光学システムと言えるものであるが、ここでは、簡明のためにメインレンズ300と言う。また、ここでの用語“レンズ”とは、一般的には、屈折、回折、反射又は其の他のものいずれかの光学パワーをもつ面（サーフェース）及び／又は屈折、回折、反射又は其の他のものいずれかの光学パワーをもつ多数の面の複数のセットものを言う。

メインレンズ300におけるインサート301は、異なる屈折率 $n_1$ ,  $n_2$ で、 $n_1$ が $n_2$ よりも大きい屈折率をもつ二つの材料からなり、その結果、イメージソース320からの光線308は、屈折率が高い材料を通過して前記材料の間のインターフェース302に入射し、全てが内部反射されて第3のレンズ340へ向かう。周囲の光線306は、インターフェー

ス302を通過し、第3のレンズ340から屈折され、かくてディスプレイされるイメージのコントラストを改善する。二つのレンズ330, 340は、組み合わせられた光学パワーが顕微鏡を形成し、ディスプレイからのイメージが所望の倍率で見れるようにすることができるように選択される。前記二つのマテリアルズは例えば、融解石英 ( $n_1 = 1.458$ ) 及びLaSFN<sub>9</sub> ( $n_2 = 1.85$ ) からなるものでよく、52度よりも大きな入射角の光線がすべて内部反射されることになる。また代替として、空気又は他の流体が詰まっているギャップを前記マテリアルズの間に設けるか、又は、屈折率が低いマテリアルを空気、他の流体又はヴァキュウムから構成し、メインレンズ300に融解石英を使用した場合、トータルの内部反射のクリティカルの角度を43度にする。インターフェース310の角度は、入射角度がトータルの内部反射のクリティカルの角度を越える条件を満足させ、そしてまた、見るイメージの位置決め光学条件を満足させるように構成される。また、ここに示す光学インターフェースは、平面なものであるが、カーブしていて光学パワーをもつようなものでもよい。

代替実施例は、インサート301を使用するもので、これは、前記インターフェースに薄いフィルムの干渉コーティングスを有するマテリアルズからなり、誘電ビームスプリッター及びコンバイナーで通常達成されるように光路を組み合わせる。このような場合、屈折率 $n_1$ ,  $n_2$ は、同じ ( $n_1 = n_2$ ) である。いずれの方法でも働くものである；しかしながら、干渉コーティングスは、シースルーシステムズにおいて有用であるが、トータルの内部反射は、シーアラウンドシステムズにおいては、所望のパスにそって大きな光学スループットを与える。メタルコート面も使用できる。

ディスプレイ320は、小型のフラットパネルディスプレイ、陰極線管又はスキャンングディスプレイからなり、これは、本出願の譲受人に譲渡された代理人ドケットナンバーMOP-101Jで確認される1996年9月19日出願の名称コンパクトディスプレイシステムの米国特許出願第08/716, 103号に記載されもので、これを参考文献としてここに組み入れる。ディスプレイ320は、特定の応用要件及び適用できる技術に応じてアナログ又はデジタルであるRFリンクをもつRFビデオシグナルズに応答する。

図4は、前記イメージ組み合わせシステムを形成する他の方法を図解するものである。このシステムにおいては、コンバイナーとして逆に使用されるキューブ・ビームスプリッター801が先に述べた全反射面に置き替わる。例えば、エドモンド・サイエンティフィック・パートA45,111のキューブ・ビームスプリッターは、全内部反射面にわたり周囲光線を実際に一切屈折させない利点を有する；しかしながら、該キューブ・ビームスプリッターは、約50%の周囲光線とディスプレイ光線とを目に入れるのみである。しかしながら、ビームスプリッター801が偏光ビームスプリッターで、ディスプレイ320が偏光光線（液晶ディスプレイ又はレーザースキャンディスプレイからのような）を与えるなる場合にとっては、前記ディスプレイ放射電子の波長とキューブ801におけるコーティングスの光学デザインとに応じて75～99%の範囲の反射が得られる。前記キューブは、また、液晶ディスプレイに対するアナライザーとしても機能し、これは、一つの偏光を効率よく通し、他のものは通さないからである。

この実施例において、ハウジング820は、キューブ801に組みつけられる二枚のガラスまたはプラスチックのプレート810を保持する手段になり、前記プレートと其の他の内部パーツがメインレンズ300を構成する。イメージソースからの光線は、ハウジング820における孔821（図6を参照）を介して入射される。周囲の光線は、三つのパスの一つを通る。第1のパス830は、オプションの偏光層804、ガラス810、キューブ801、第2のガラス810を通り、目に達する。第2のパス831は、オプションの偏光層804、ガラス810、オプションの偏光層802、第2のガラス810を通り、目に達する。前記オプションの偏光層の目的は、目に達する周囲の情景の光レベルを調節して、前記ディスプレイと周囲の情景との間の光レベルをバランスさせるためで、これは、回転ベゼル803にオプションの偏光子804を取り付けることで可能になる。

第3のパス832は、オプションの偏光層804、ガラス810、オプションの偏光層802、キューブ801、そして第2のガラス810を通り、目に達する。パス832を通る光線は、前記キューブを通る通路の軸がずれているため、やや歪んでしまう。この現象をなくすには、前記ビームスプリッタ

ーを円錐形に形作り、キューブ801に光学的に合致したコンパウンドをボイド806に詰めればよい。

前記キューブ・ビームスプリッター801は、前記のように偏光にセンシティブであるように設計され、方向付けされ、偏光層802に整合したときキューブ801と偏光子802は、光線830、832、831を等量で吸収する。正しく整合されていれば、メインレンズ300を通る偏光光線のネットの透過は、均一であり、外側の偏光子804を回転して前記キューブ又はその他を紹介して見る周囲の情景の光レベルを調節する。

図5A～5E及び図6Aは、図4に示したデバイスに対する眼鏡フレームのアッセンブリーの詳細のいくつかを示す。三角形のブロック822で以下に述べる前記ディスプレイからの光路を内蔵するパイプ823を受ける。ミラー824が前記光路の光線を開口8211を介してコンバイナー801へ角度90度で反射させる。ブロック822は、例えばネジ825のような適当な手段でハウジング820に取り付けられる。二つのハウジング820がアッセンブリーされて図6Aに示すような一对の眼鏡にされる。図3を参照すると、位置301にあるキューブ801、レンズ340及びディスプレイ320は、ソリッドキャスティングとしてメインレンズ300内に形成されており、これを図6Bに示すように通常の眼鏡フレーム830に取り付けることができる。

図7は、他の実施例を示し、この例では、レンズ330、340がレンズ360、370それぞれに置き換えられており、これらは、メインレンズ300に接着されているか、又は、例えば射出成形でメインレンズ300の一部として成形される。メインレンズ300は、光学セメント、ポリカーボネート、エポキシ、ポリメチルメタクリレート又はガラスのようなリッドのクリアー又は着色されたマテリアルに光学パーツを埋めこむことで、シングルのソリッドピースとして形成できる。このような場合、複数の面に型を設け、メインレンズ300の上又は内部の種々の箇所に所望の光学パワー及び／又は反射性を作る。メインレンズ300は、また、互いに接合してソリッドユニットにされるか、又は、図4から図6に示す態様で取り付けられる複数の鋳造、成形又は機械研削パーツから作ることができる。この発明のさらなる実施例は、別体のレンズ340と一体

のレンズ360又はその逆の使用を含む。さらに、レンズ330、340又はレンズ360、370又は組み合わせは、光学システムにおける色補正分散作用のための色消しレンズ又はイメージ収差を減らす他のレンズの組み合わせからなるものである。認識すべき点は、レンズ360は、オプションのもので、単純な拡大光学レンズ構成が必要なシステムにおいては不要である点である。

レンズシステムにおける他の実施例を図8に示す。この構成においては、レンズ360とディスプレイ320とがメインレンズ300の背後の位置へ動かされている。投射イメージをインサート301へ向けるために反射面325が第2のインサート326の形態で設けられている。反射面325は、インサート301に設けられているタイプのもので、それ自体キューブ802からなるものか、又は、メインレンズ300に対し内部に装着されたミラー又は図5Aに示すように外部に装着されたミラーに置き換えることができる。第2のインサート326が偏光ビームスプリッターにおけるように偏光するものであれば、インサート301又はインサート326は、イメージソース320が液晶ディスプレイである場合に対する分析偏光子（検光子）として作用する。

ディスプレイ320が明暗度の強いイメージを表示できるような用途においては、ディスプレイ規制システムが働かない好ましくない場合にユーザーの目を保護するように前記ミラーを構成する。光学フューズとして機能するミラーは（面325において）、入射光をある程度吸収するようにして、ユーザーに害を与えないように保護する。この目的のために、熱伝導が低い材料の層又は複数層を前記ミラーの反射層の下に設ける。このような構成で、光ビームが目の網膜を熱するよりも早くミラーを熱し、これによって目に傷害を与えるよりもさらに早くミラーを損傷させる。前記ミラーの下側の低い熱伝導の層の一つは、熱膨張率が高い材料からなり、網膜の損傷スレシヨールドより低いスレシヨールド・エネルギーフラックスで前記ミラーにバブル又は他の焦点を結ばないメカニズムが発生するようにしてある。前記イメージソースは、また、赤外線（IR）を放射して、この作用を高めるようになっている。放射赤外線は、前記システムのどこかにおけるフィルターにより除去し、ユーザーの目に入らないようにできる。

前記ディスプレイは、前記のようにバックライトされるか、又は、周囲の光線401及び/又は402及び/又は403により照明される。このような構成は、全内部反射インサート326、又は、一部又は全部反射ミラー面325、又は、誘電コーティングをもつ面と共に機能する。光線401、402、403のフラクシオンは、コンバイナー325を介してディスプレイへ伝播する。ついで、これらの光線は、ディスプレイから目に達する光路へ反射される。この光学システムには、集光レンズ又はコレクティングレンズが設けてあり、光線401、402、403を集め、集光する。さらに、利用できる周囲の光が不足のとき、見れるようにするために、メインレンズ300に対し光学的に取り付けたランプにより光線401、402、403を供給できる。ディスプレイ320が液晶ディスプレイの場合、インサート326は、ディスプレイのための偏光子及び検光子として機能する偏光ビームスプリッターを備える。この実施例は、さらに、周囲の光景の光レベルを調節するための従来技術で知られている偏光子のクロスした回転システムを付加することで改善される。この手段において、前記ディスプレイと周囲光景光レベルとは、バランスされる。液晶シャッターを使用することで、前記調節を電子的に行え、前記イメージの相対輝度を自動的に補償したり、自動的にバランスさせるためにセンサーを用いることができる。

図9に示すように、メインレンズ300の前面に第4のレンズ410を付加して前記インサートを覆うようにすることで、記図面における構造を改良できる。概ね負のパワーをもつレンズ410は、レンズ370の正のパワーに対抗し、周囲のシーンからの光線306は、特に拡大されずに見える一方、レンズ410を通過しないディスプレイからの光線は、拡大されて見える。レンズ410は、ユーザーの特定視力補正要求に応じてポジティブ又はネガティブの光学パワーをもつ。他のレンズ面をメインレンズ300のいずれかの側に付加して、通常の眼鏡のようにユーザーの視力を補正でき、顕微鏡レンズのレンズ倍率を調節してユーザーの視力を補正できる。レンズ370、410を介して更に視力を補正するために他のレンズを付加できる。又、これらのレンズをメインレンズ300内に実質的に組み入れることもできる点に注目されたい。

射出成形又はソリッドのメインレンズに組みつけるパーツセットの機械研



削により、ソリッドのメインレンズ300にレンズを設ける実施例においては、該レンズの屈折率 $n$ 及び曲率半径は、ポッティング、モールドイング又は研削された媒体内で、所望のレンズ倍率を得るためにエアー中の値から補正されなければならない。コンパウンズとレンズ材料との屈折率は、光学ポリマー類又はガラスに対しては1.4から1.6の範囲の屈折率、他の種々の光学材料に対しては1.5から2.0の範囲の屈折率をもつ多数のコンパウンズから選ばれる。成形コンパウンドは、ガラスに合致する屈折率( $n=1.46$ )をもつ市販の多くのコンパウンズから選ばれ、前記レンズ類は、例えば、LaSFN<sub>9</sub>( $n=1.85$ )から形成される。また別に、光学倍率は、成形材料内にエアーギャップ又はヴァキュウムを存在させるか、又は、適切に設計された曲率半径をもつ屈折率が低い材料により大きくされる。他の試みは、そのようなギャップに屈折率が高い、又は、低い液体を詰めることである。さらに別にはメインレンズ300内に回折レンズ要素又はホログラフィレンズ要素を用いることである。

前記光学システムの重量をバランスさせ、ディスプレイ320を見る人の顔から離れた位置へ動かすために、図10に示すように、コヒーレント光ファイバー束又は屈折率分布型(GRIN)レンズイメージ導管又はレンズから形成されたリレイからなるイメージリレイ510によって眼鏡のメインレンズへリレイされる。一つの実施例においては、イメージリレイ510は、眼鏡の側部にそってディスプレイ320へ延びている。リレイ510は、ディスプレイからのイメージがメインレンズ300の正しい位置へ供給されるように、所定の曲げがつけられて形成されている。また別に、図11と図12の実施例に示すように、前記メインレンズに補助インサート326(図11)を用いて、所望の角度と所望の光学パワーでイメージが受け入れられ、該イメージがインサート301へリレイされるようにできる。

図11は、ディスプレイ320からのイメージをファイバーオプティックテーパー部520を介してレンズ360へリレイするイメージ導管510を示す。前記ファイバーオプティックテーパー部の目的は、ディスプレイの寸法を前記イメージ導管の寸法に合わせるためである。例えば、前記ディスプレイは、その可視領域寸法が15.4 mm x 11.5 mmである小型フラットパネルのア

クティブマトリックスエレクトロルミネッセント・ディスプレイからなり、イメージ導管が6.4mm×6.4mm（できる限り軽量で、小さい断面領域の導管を使用することが望ましい）であり；前記ファイバーオプティックテーパー部がイメージのサイズを2.4：1の比率で縮小する。注目すべき点は、オメージ導管リレイ510が機械的スリーブ500内に位置している点である。このスリーブは、レイレイ510と眼鏡レンズ及びフレームシステムとの間の機械的結合に強度を付与し、また、リレイ510の端面511とレンズ360との間の距離をユーザーが変えることができるようにして、焦点度合いが調節できるようにしている。注目すべき点は、前記機械的スリーブは、精度ある位置調節のために、ねじこみ、摩擦ロック又は当業者に知られた他の方法で取り付けられる点である。

図12は、他の構造を示すもので、イメージリレイにレンズ530が取り付けられ、前記イメージシステムの光学パワーをさらに変更するようになっている。さらに、この実施例においては、ファイバーオプティックテーパー部がハウジング540内に装着されたポジティブ又はネガティブの倍率をもつレンズ550と、イメージ導管に（又は別にハウジング540に）装着されたレンズ560とに置き換えられている。このレンズシステムは、イメージサイズを縮小し、さらに、前記の態様で機械的スリーブ570による焦点調節を可能にする。ハウジング540には、また、ディスプレイ320、レンズ550、560及びイメージ導管位置の相対位置を調節する手段を設けることもできる。

前記ディスプレイは、前記ファイバーオプティックテーパー部520又は図12に示すレンズ550により、又は、これら二つの組み合わせによりGRINレンズリレイに結合できる。前記レンズシステムの光路は、図13に示すように、複数のミラー555を含み、この結果、光路を長く維持しながら、光路を折り曲げてヴォリュームを減らすことができる。

図14は、一对の眼鏡に組み込んだ別のレンズシステムの平面図を示す。この実施例は、イメージを拡大し、これをコンバイナーを介して目へリレイするために、イメージリレイアッセンブリーとベーシックな二枚レンズ複合顕微鏡（対物レンズと対眼レンズ）とを各側に含む。このような眼鏡は、両眼立体イメージをディスプレイすることができる。

前記イメージリレイアッセンブリーは、頭部の後に装着のディスプレイ320を備え、高解像度イメージリレイ510は、GRINイメージ面と言う位置における出口端部511近くのエア－イメージを与えるGRINレンズイメージリレイを備える。このGRINイメージ面の正確な位置は、入り口端部512における焦点面の位置（前記ディスプレイの位置により与えられる）に依存する。リレイ510がコーヒレントのファイバー束を備えている場合、前記イメージ面は、端面511と一致する。

対物レンズ360と対眼レンズ370を複合顕微鏡に選択し、位置を適切に選択することにより、焦点、拡大度合い及びコリメーションディスタンスを調節できる。前記した他の実施例と同様に、レンズ360、370は、レンズシステムを備える。此のシステムの焦点は、ディスプレイ320とテーパー部520とをGRINレンズ入り口端部512に対し相対的に動かすことにより、対物レンズ360をGRINレンズイメージ面（出口に尾ける）に対し相対的に動かすことにより、及び／又は、対物レンズを対眼レンズ370に対し相対的に動かすことにより調節できる。対物レンズ360は、また、広い視野を与える視野レンズとして使用できる。

この実施例においては、対眼レンズ370は、メインレンズ300内の位置へ動かすことができる。この位置においては、対眼レンズ370は、最早、周囲の光景からの光線へ光学パワーを作用させない。かくして、レンズ410（図9）は、この実施例では不要である。この実施例においてもまた、眼鏡が頭部に位置するとき、前記ディスプレイは、頭部の後側に留まる。頭部の後にディスプレイを置くことは、重心が改良され、美容外観に優れることを含み、コンベンショナルな前頭部装着のアプローチに比べて、いくつかの主要な利点を有する。GRINレンズイメージリレイにより目にイメージが与えられ、その後、ミラー325又はプリズムにより光線が90度で反射されてメインレンズ300へ入る。光線は、対眼レンズ370とコンバイナー301とを備えるメインレンズ300を斜めに通過する。対眼レンズで前記リレイからのイメージが拡大され、ユーザーがフォーカスできる深さにイメージ面が作られる。ついで、光線は、コンバイナーにより目に対し再び90度に反射され、図10に示すように、眼鏡の前

面の所望の位置にバーチャルイメージが与えられる。前記リレイからの光線を周囲の光線と混合することにより、コンバイナーがシースルー操作を許容し、可視波長範囲にわたり50%の透過にする誘電層被覆面を備える。また別に、コンバイナーをリフレクターに置き換えて、ディスプレイされるイメージを100%反射するシアーラウンドディスプレイにすることができる。レンズ処方 of 補正を必要とするユーザーには、メインレンズ300の面を曲げて眼鏡を補正することができる。イメージ捕獲又はアイトラッキング（視標追跡）のような他の特徴を、このベーシックデザインに追加できる。

この実施例においては、GRINレンズイメージリレイの直径は、3mm以下で有り、さらにmm当たり200ラインペアー（又は、約1200ライン）の透過解像度を与える。例えば、グラディエント・レンズ・コーポレイションのEG-27は、対角線が2.5mmである矩形の800x600のイメージをリレイすることができる直径2.61mmのロッドであり、これは、VGAイメージをリレイするのに適している。この高解像度GRINレンズリレイは、ボロスコープ用と内視鏡用に開発されたものである。イメージをイメージリレイ510を介して目へ送るために、ファイバーオプティックテーパー部520でイメージが縮小されるから、以下に述べるように、比較的大きなレンジにわたりコリメーションディスタンスが調節できる小型レンズシステムが使用できる。この実施例は、レンズ処方レンズに匹敵するものでもあり、メインレンズアッセンブリーの接着でき、高い周囲（シースルー）視野のものである。GRINレンズと対物レンズとを図15に示すように位置が変わり、焦点距離が調節できる単純な機械的入れ子式チューブマウント620に取り付けることができる。GRINレンズ510は、摩擦で保持されるが対物レンズ360が取り付けられているチューブ622内をスライドできるチューブ621内に取り付けられている。チューブ622は、摩擦で保持されるがメインレンズ300に固定のチューブ623内をスライドできる。前記チューブマウントには、回転して調節できるようにねじを（図5B）きりこむことができる。類似の機構でGRINレンズに対し前記ディスプレイを動かすことで第2の調節ができる。両調節は、以下に述べるコリメーションディスタンスを変える効果がある。

図16Aは、いくつかの視野レンズ901, 902をメインレンズ300内に設けた他の実施例を示す。このような視野レンズは、光学パワーをこわける有益な効果を有し、対眼レンズに高倍率をもたせる必要性を減らす。この酔うなレンズは、また、視野を広めるのに役立つ。これらのレンズ及び他の光学パーツは、例えば多数のパーツを射出成形や機械研削で形成され、続いて内面に金属層又は誘電層をコーティングし、さらに前記パーツをアッセンブリーして光学面が埋設されたメインレンズ300を作る。

図16Aを参照すると、眼鏡フレームへの組み込みにぴったりのメインレンズ300を形成するために、メインレンズ300の厚さ934をコンベンショナルの眼鏡の範囲(25mm以下で、好ましくは、1mmから15mmの範囲内)に維持することが望ましいことを認識すべきである。メインレンズ300の面は、厚さ934に等しい寸法をもつ内部光路における開口絞りを形成する。部分的に反射するインターフェース324も絞りを形成する。レンズの倍率に応じて、これらの絞りが前記ディスプレイからのイメージの視野を制限する。この発明は、視野レンズ901, 902を使用して、これらの絞りの制限のいくつかを克服する。

メインレンズ300の厚さ934による絞りに打ち勝つ第2の方法を図16Bに示す。インターフェース324, 325が45度以下の角度455, 456でセットし、メインレンズ300の厚さ934を薄くする。光路は、メインレンズ300の内部面からの一つ又はそれ以上の反射を必要とし、それは、前記したようにトータルの内部反射により生じる。このような場合、埋設されたレンズ901は、図に示されるように、適切に斜めにされている。

上記オプティカルシステムは、シノアラウンド、シースルー又は完全没入システムに実施されることが分かる。種々のデバイスを付加して一つのタイプから他のタイプへ変えたり、システムタイプでの自動チェンジオーバーを行うようにできる。例えば、レンズ410(図11)を不透明なディスクに変えてシースルーシステムをシノアラウンドシステムにコンバートできる。また別に、インサート301を視野が拡大するようにし、メインレンズ300の前面に不透明なカバーを設けて完全没入システムを形成できる。不透明なカバーは、いずれも液晶シャッターに置き換えることができ、このシャッターは、電子的に調節さ

れて周囲の光景の光レベルを減らしたり、これを完全にブロックしたりできる。周囲の光をコントロールするために、フォトクロミックマテリアルズも利用できる。

さらにプリズム又はミターを用いてインサート301を形成できる。このようなデバイスは、最早コンバイナーではなく、むしろシーアラウンドシステムにすべてが必要とされている単純なリフレクターである。これは、他のリフレクターシステムズに対し優位性をもつもので、これは、メインレンズ300内に反射面が設けられ、したがって、他のアプローチよりも安全で、耐久性がある利点を有しているからである。

前記イメージコンバイナーを形成する別の態様は、複式レンズを用いてメインレンズ300のベースに対する角度310（図3）により最も単純なケースにされた面に形成された複式面構造の回折光学要素を形成することである。回折光学要素の利点は、レンズ340に光線を向けながら角度310を広くとれる一方、反射面においては、角度が反射法則により固定されることである。これによりレンズ340を介する視野が広がる一方、メインレンズ300の厚さを比較的薄いものにしておくことができる。レンズ340と他のレンズは、また、回折光学要素を備える。不利なことは、カラーシステムに存在する望ましくない波長依存効果である。しかしながら、上記した完成されたシステムの光学構成に固有の、カウンターバランスする回折光学要素を前記光路に挿入しやすいようなフレキシビリティにより、必要に応じ、クロマティックイフェクツに対する補償ができる。

インサート301は、面324にホログラムを位置させることによりホログラフィコンバイナーに置き換えられる（図16A又は図16B参照）。このような場合、そして前記回折光学要素に類似して、前記コンバイナーは、前記ディスプレイから発する一つ又はそれ以上の主たる波長とともに働くように構成される。回折コンバイナーと共に、前記ホログラフィコンバイナーは、光学パワーを付加でき、該コンバイナー面に反射コンバイナーよりも広い角度範囲がとれるようにする。

前記種々の実施例に記載のレンズは、レンズシステムの種々のパーツ

に固有の色収差をなくす色消しレンズを形成するように選択される。また、前記種々の実施例の特徴を組み合わせることができることが分かる。さらに、図面は一枚のレンズを示しているが、歪みをなくし、視野の平坦性を改良し、又は、ユーザーが見るイメージに対し改良を加えるように構成された多重のレンズを組み合わせることができる。

図17は、レンズシステムの他の応用を示すもので、これは、イメージ捕捉及びアイトラッキングに使用される。この実施例においては、ディスプレイ320からの光線321は、前記のようにレンズ360、300、370を通り目に達する。目から反射された光線322は、光路にそってビームスプリットインターフェース325へ戻り、レンズ720を通りセンサー710へ入る。センサー710は、イメージ捕捉に通常使用されているようなCCD又はCMOSセンサーアレイ又は別のタイプのイメージディテクターを備える。このように集められた目のイメージは、ユーザーの目の位置を確かめるのに使用でき、このようにしてユーザーの凝視のロケーションが確かめられる。アイトラッキングの使用は、二つの理由でいくつかのシステムズに有利である。その一つは、アイトラッキングにより必要なディスプレイピクセルのトータルの数を減らすことができ、これは、網膜中心窩のロケーションが知られていれば、その領域に高解像度イメージを表示するのみでよい。さらに、アイトラッキングを用いて前記ディスプレイの射出瞳を増やすことができる。さらに詳しくは、前記ディスプレイの射出瞳をユーザーの瞳孔の位置変化の検知に応答して最適なロケーションへ動かすことができる。アイトラッキングは、また、特定システムファンクションを含む数多くの他の用途に有用でもある。

図17における実施例は、ユーザーの凝視からイメージを集めるようにもなっている。周囲の情景からの光線395は、一部がインターフェース324により反射されて光線775によって表されるパスにそいレンズ780とイメージディテクター790へ向かう。表示されたイメージがセンサーへ投射されないようにすることが必要であれば、ディスプレイとセンサーとがシークエンシャルに働く。ディスプレイとディテクターとの数多くの組み合わせをこのシステムと合体し、眼鏡視力補正、情報のディスプレイ、可視イメージと赤外線イメージを含

めアイトラッキングイメージの収集又は周囲の情景の収集を行う。

眼鏡内にコンピューターディスプレイを形成するために本発明を使用する例として、目から67cm離れて見るコンピュータースクリーンを創作するとする。所望のイメージの高さが28cmであり、リレイ510のアウトプット511において作られるイメージが高さ2.1mmとすると、拡大倍率が133になるレンズ380, 370のセットが必要になる。この拡大は、例えば焦点距離が12mmのレンズ360と、焦点距離が18mmのレンズ370とによって得られる。レンズ360は、リレイ510により作られたイメージから15.39mmの距離におかれる。レンズ370は、レンズ360から72mm離されて配置される。これによって、ヴァーチャルイメージ67が目から67mm離れて作られる。光線は、発散するものである。前記レンズの位置を変えることにより、該レンズの相対位置に応じて、前記イメージが無限大又はどこかに形成されることができる。レンズ同士の間が空気であるスペースの場合に、この計算が成り立つ。例えばメインレンズ300のソリッドの例において屈折率 $n > 1$ の材料を使用の場合、距離が応分に調節される。

図18は、フリースペースコンバイナーに基づく従来技術の反射屈折光学デザインを示すもので、このデザインにおいては、ディスプレイ901により発生したイメージは、目に向け光を後方へ反射するカーブしたミラー又はコーティングされた反射要素900に向け平らな半透過ミラー又は誘電被膜面920により反射される。要素900がカーブしていれば、それから反射した光のヴァージェンス（傾き、vergence）が変わり、これによって、目の前に快適な距離のスペースにおいてヴァーチャルイメージが目に入る。この要素900は、図8におけるレンズ370と同じ光学作用を行う。周囲の情景からの光線910のように、要素900を通過する光は、そのヴァージェンス（傾き、vergence）になんらの変化無く通過する。かくして、光線910により描かれる情景がディスプレイを見る光学レンズの光学パワーによりヴァージェンス（傾き、vergence）を損なうことなく見られることになる。要素900は、吸収を導入しているため、面900を通過する光線は、減衰してしまう。

本発明の方法を用いる改良されたシステムを図19Aに示す。要素9



00 は、サイズを小さくされ、メインレンズ 300 に納めてある。コンバイナー 920 は、ハーフシルバーめっきのミラー又は前記したビームスプリッターキューブからなるか、又は、偏光ビームスプリッターからなる。偏光ビームスプリッターの場合については、正しい軸で偏光された光の大部分が要素 900 へ反射される。四分の一波長板又は他の偏光ローテーター 930 を 2 回通過するとき、回転軸により、光線は、偏光ビームスプリッターを効率的に通過して目に入る。干渉フィルターの技術で知られている光学コーティングをコンバイナー 920 と要素 900 に用いて、周囲の光線とディスプレイイメージが効率的に通過できるようにする。例えば、ディスプレイイメージがレーザーソースからのスペクトル帯域が狭い三色（レッド、グリーン及びブルー）からなる場合、前記光学コーティングは、要素 900 の面がこれらの狭い波長レンジに対し反射性を高めるようにする一方、該要素を通過する光線 910 は、これらの狭いレンジにおいてのみ妨げられ、かくて、前記イメージは、色歪みなしに広く見れる。図 19B は、同じ性質の代替例を示し、光線 910 がミラー 900 により妨げられないような向きになっている偏光と要素 900 をもつ。

従来技術の頭部装着ディスプレイは、一つのコリメーションディスタンス（焦点に基づきイメージが知覚される距離）に限られている。ステレオ頭部装着ディスプレイにおいてはしばしば、この距離は、目のヴァージェンス（傾き、vergence）で知覚される距離とコンフリクトしてしまう。この発明は、異なるコリメーションディスタンスで多重のイメージをディスプレイさせることで、この問題を解決する。

多重コリメーションディスタンスディスプレイは、二つ又はそれ以上のディスプレイソースからのイメージを融合して、異なる焦点距離にある背景イメージと前景イメージとをユーザーに与える。GRIN ロッドイメージと対物レンズとの間の距離を  $x$  とする（図 20）。図 20 において、GRIN レンズから三つの別個の距離にあるディスプレイが三つの  $x$  の値及び三つの  $y$  の値で一つが各ディスプレイに対するものに導く。 $x$  が僅かに調節されると、コリメーションディスタンスは、大幅に変わる。以下の表は、一つの光学構成に対する対物レンズからの距離をファンクションとしてのコリメーションディスタンスの計算を示

す。

| ディスプレイイメージから<br>対物レンズへの距離(mm) | コリメーションディスタンス<br>(mm) |
|-------------------------------|-----------------------|
| 15.245                        | 127.9                 |
| 15.280                        | 163.8                 |
| 15.315                        | 221.3                 |
| 15.350                        | 328.5                 |
| 15.420                        | 2568.6                |
| 15.425                        | 4691.6                |
| 15.431                        | 254887.8              |

この表は、計算が行われた特定の光学構成について、イメージと対物レンズとの間の距離が $186\mu\text{m}$ 変化すると、コリメーションディスタンスが $12.7\text{cm}$ から $254\text{M}$ （エッセンシャルに無限大）に変わること示している。二つ又はそれ以上のディスプレイ940を用い、コンバイナーキューブ945を介して結合（LCDプロジェクターにおいてレッド、グリーン及びブルーのイメージを結合するとき一般に行われているように）する場合、そして、これらディスプレイをGRINイメージリレイからの距離を異にして（図20に $0\text{mm}$ 、 $t$ 、及び $u$ として図解）設定すると、図20に示すように、ユーザーは、イメージを見るのに異なる面に焦点を合わせなければならない（丁度リアルイメージを見るときに目が行うように）。距離の相違は、前記キューブと前記ディスプレイとの間に薄いガラスの層を介在させて得ることができる。

重要なことは、作られたイメージが前景、中間及び背景に相当する三つの分離した同時存在面を有することができることである。これがコリメーションディスタンスの問題とハードウェアからの目のヴァージェンス(傾き、ver-

gence)の不同を効率よく除去する。必要なだけ数多くの（又は頭部装着システムにおいて実用に合った数多くの）面を作る光学技術が存在する。

代替アプローチにおいては、ディザーを行うメカニズムが対物レンズを所望の位置へ動かす。このようなアプローチを毎秒180フレームで動くフラットパネルディスプレイに同期させ、三つの分離したイメージ面を与える。必要なレンズ移行をさきにはたったの180 $\mu$ mと示した点に注目されたい。他のアプローチは、図21の態様におけるスタッキングからなるもので、これは、減法混色の原色LCDに使用されているものである。減法混色の原色ディスプレイシステムにおいては、三つのディスプレイ955がスタッキングされ、各ディスプレイがファイナルのイメージから一つの色を除く。これらディスプレイは、偏光子956により分離されている。この発明においては、カラーディスプレイを用いて該ディスプレイの間のスペースに応じて、種々のコリメーション深さにある多重イメージ面を特徴とするイメージが提供できる。

注目すべき点は、減法混色の原色ディスプレイにおいて、面の間のコリメーションディスタンスのバリエーションは、有害な人為ものとみなす点である。しかしながら、この発明においては、コリメーション深さのバリエーションを用いてイメージを改善することができる。さらなる利点は、背景に解像度が低いディスプレイを用いてシステムコストを下げる点である。

ミラー又は導波管を用いてシングルのピクセルをスキャンするスキャンアプローチにおいては、いくつかの方法でコリメーションディスタンスを調節できる。第1のものは、ビームスキャンニングシステムの入り口瞳孔からの距離を異にするいくつかのピクセルを用いる。このアプローチは、幾本かの光学ファイバーを用い、それらファイバー各々が定まっている異なった分だけ入り口瞳孔からずれていて、各ファイバーを異なるコリメーションディスタンスに導くことによって達成される。ついで表示しようとする複数の光子を所望のコリメーションディスタンスに相当するファイバーを越させる。

第2の方法は、マイクロメカニカルミラーを使用してシングルファイバーから対物レンズへのパスレングスを調節することである。距離を調節することにより、各ピクセルに対するコリメーションディスタンスが設定できる。外部

の力で変えられる屈折率をもつ媒体に光線を通すことで光学ディスタンスを調節

できる。

前記の議論は、眼鏡形態に光学機構を適用する点に的を絞ったものであるが、光学機構は、ダイバーのマスク、消防士の顔覆い、宇宙飛行士の宇宙服マスク、危険物ボディスーツフェースマスクなどなどのようなフルフェースマスクシステムにも適用できるものである。図22は、光学システム870、フェースマスク構造体872及びコンピューター回路874をまとめ、フェースマスクシステム内に全部がまとめられたコンピューターを形成した例を示す。これによって、このシステムにおいては、フェースマスクが集められた回路を縁部に装着のための十分な領域を供給することができる。まとめられた回路類のサイズを小形にすれば、このようにしてディスプレイと回路類とを眼鏡に取り付けることができる。図22に示すように、ディスプレイをレンズの縁部に直接取り付けることができる。ダイビングマスクの場合には、回路とディスプレイとをフェースマスクの縁部内にポッティングし、防水にすることができる。

図22は、二つのディスプレイを示し、これによりステレオイメージが作られる。コンバイナーを通常の視野内に直接配置したり、(図示のように)通常の視野外に直接配置したりして、ディスプレイを見るためには、光学システムが置かれている場所に応じて、ユーザーが見上げたり、見下ろしたり、横を見たりしなければならいようにすることができる。フェースマスクに適したディスプレイ類は、アクティブ・マトリックス・エレクトロルミネッセント・ディスプレイ又はアクティブ・マトリックス液晶ディスプレイであり、これらは、市場で入手できる。

図23を参照すると、ビームスキャンニングデバイスが設けられていて、前記したように、レンズの使用と折り曲げにより、光学レンズ類を埋設した面に極めて小さなイメージ面が作られ、これがユーザーの目に向けられる。このイメージ面は、オプティカルファイバーからの光を小形化された面を構成する複数のポイントにわたってスキャンニングすることにより形成される。このスキャンされたピクセルは、回折制限スポットであるから、イメージ面は、極めて小さくなる。スキャンされたピクセルは、前記ファイバーに供給されたグレイレベル

データ及び／又はカラーデータと同期していて、小形イメージ面における各ポイントは、適当な光子ストリームでペイントされ、所望のイメージを前記スクリーンに作る。ファイバーにより前記スキャナーへ供給された光学データは、コンピュータ内で作られ、そのためグラフィック回路が光学ソース（レーザーなどの）セットをドライブして、所望の照度でレッド、グリーンおよびブルーの所望のコンビネーションを作るようにしなければならない。

前記ビームスキャナーは、マイクロエレクトロメカニカル・シリコン・マシニング（MEMS）により形成できる。前記スキャンニングシステムを形成する最もダイレクトの方法は、図23に示すように、光子らを所望のポイントに向けるために使用の水平方向及び垂直方向ミラー970, 971を作ることによるものである。垂直方向及び水平方向スキャンニングミラーは、接近させて作られ、リレイオブティックスを複雑にしないようにする。垂直方向スキャンニングミラー971は、コンベンショナルのフレームレートとして60Hzで振動することができる。マイクロマシニングされた導波管もまた作られる。

ビームステアリングデバイスをオプティカルファイバースで作ることができる。しかしながら、そのようなデバイスでの問題は、利用できるオプティカルファイバーの機械特性に拘束される点である。これに対し、本発明によるマイクロマシニングされたスキャナーの利点は、薄いフィルムを使用して、溶解石英ファイバー類では達成できない機械的共振周波数と構造における導波管ジオメトリーとが調整できる点である。

上記したMEMSをベースとするスキャナーは、イメージ収集デバイスとしても働く。頭部装着ディスプレイにおける実施においては、アイトラッキングに使用できる目のリターンイメージをトランスミットするのに表示するオブティックスが使用できる。MEMSディスプレイと一緒にになったアイトラッカーの場合においては、スキャンニングシステムを含むディスプレイオブティックスは、図23に示すようにシステムからディテクターへ戻ることができるイメージの表示と目のイメージの収集両者に使用できる。

光子類を目へ供給することは、レシプロ光学プロセスを有し、前記システムが軸方向に整合していれば、網膜からの軸方向反射は、同じ光路にそって

戻ることになる。リターンシグナルを最大にする位置に前記ミラーセットを配置することにより、網膜の角度位置、したがって、凝視の方向が決定される。

リターンシグナルの強度をいくつかの方法で増大できる。MEMSアプローチにおいては、レッド、グリーン及びブルーの波長を前記光路にそって組み合わせ、カラー表示にする。さらにユーザーには知覚されない赤外線（IR）波長を第4のバンドとして付加する。この手段においては、赤外線パターンが目映し出され、戻りのパターンを検知することにより目の位置が測定される。

図23は、そのようなデバイスがどのように動作するかを図解する。可視光線とIR光線がスキャンニングミラー970へ同期して送られ、眼鏡のオプティカルシステムへ投射曝れ、そこから目へ投射される。目が前記射出瞳と整合していれば、リターンシグナルが前記光路へ反射される。このリターン（反射された）シグナルは、カプラー972へ伝播され、そこからディテクター974へ伝播される。照明光線がコンスタント（ブラックスクリーン）であれば、ついでピクセルズの反射ストリームは、実際には、目のピクセル化されたイメージであり、これは、コンピュータ976により目のイメージへリフォームされることができる。しかしながら、照明光線がイメージそれ自体であれば、ピクセルズの反射されたストリームは、オリジナルのイメージと反射されたイメージとが渦巻き状になったものからなる。この場合にも、前記コンピュータは、前記イメージを巻きほぐし（目へ送られたイメージは知られているから）、目のイメージを創る。他の方法は、目へ送られたイメージについて変調した可視光線とコンスタントなIRを用い、目を照らしてリターンIRイメージを創る。これら方法のすべては、網膜のイメージをクリエートし、それから凝視の方向が測定できる。

図23に示したシステムは、図24に示すような眼鏡又は頭部装着ディスプレイ構造へのスタンダードなフラットパネルアプローチにも使用できる。このような場合、MEMSシステムが目のイメージのみを集め、ディスプレイイメージを作るのには用いられない。ディスプレイイメージは、フラットパネルディスプレイによりコンバイナーを介して提供される。

図25Aと図25Bとは、さらなる実施例を示し、そこでは、メインレンズ300の厚さ934を全く厚くせずに視野を広げることができる。さきに

述べたように、コンバイナーインターフェース（図16の324）により導入される開口ストップの幅1003を増やすことにより広げられる。

図25Aは、対向する光路1001, 1002から光線を受ける二つの組み合わせされたインターフェース922, 921の使用を示す。注目すべき点は、図19に示した全屈折アプローチには、シングルのインターフェースとシングルの光路とが示されていた；この実施例は、開口ストップ1003を倍にして二つのそのような光路を組み合わせで使用している点である。

図25Bは、光がどのようにして二つの光路1001, 1002に分かれるかを示す。この特定の実施例においては、ディスプレイ320とレンズ360とが反射インターフェース923, 924に光線を当て、再組み合わせのインターフェース921, 922と対称になる態様で光線を二つの光路1001, 1002へスプリットする。図26は、メインレンズ300を平面図で示す。光線は、メインレンズ300へ入り、インターフェース923, 924で反射されて前記二つの光路にそう。メインレンズ300内に埋設された四つのミラー925が面921, 922へ光線を反射する。埋設されたミラー925は、それらの反射面がメインレンズ300の面に対しほぼ直交するように、したがって、メインレンズ300を経てユーザーの目へ送られる周囲の光景からの光線とほぼ平行に形成されている。したがって、ミラー925は、メインレンズ300を介してはちょっと見ただけでは見えない。さらに、インターフェース921, 922, 923, 924は、ディスプレイ32から出された特定範囲の波長を反射し、他の波長を反射しないようになされた誘電コーティングスを備え、この方法で、メインレンズ300内の迷反射光がなくなる。

図25Aと図25Bとにおける実施の特定の例は、直角のプリズムの側面で形成された二つの垂直な面921, 922から形成されたコンバイナーを備える。前記のように、上からの光線1001と下からの光線1002とが外部の光線306と組み合わせられてイメージを作り、メインレンズ300を厚くせずにディスプレイされるイメージの最大視界を倍にする。この方法で、コンバイナーの高さ1003をメインレンズ300の厚さの倍にできる一方、ビームスプリッターキューブにとって必要な角度45度を保つ。この実施例においては、図2

6の平面図に示すように、イメージを二つの光路からコンバイニングシステムに供給しなければならない。イメージを形成する光線は、面923, 924を介してメインレンズ300へ入り、これら面は、また直立面を形成するようになっている。これらの面で入光光線を二つの光路にスプリットする。下側の面923を介して入る光線は、光線1002によって示される光路を辿る。上側の面を介して入る光線は、光線1001によって示される光路を辿る。四つのミラー925が前記光路を折り曲げ、全体構成がメインレンズ300内に納まる。これらの例は、全屈折レンズをもつこのミラーシステムの使用を示しているが、さきに述べた他の実施例も使用できる。

前記光学構造に複数のイメージ面を配置することにより、面921, 922の頂点及び面923, 924の頂点を含む面が出ないようにする改良がさらになされる。この方法において、前記光線がスプリットされることによるファイナルのイメージにおける人為的なことを無くすることができる。これを達成する一つの方法は、前記オプティカルシステムに必要なレンズ（例えば、360, 370又はミラー900のような）をこれらの面の近くに配置して、他の面にイメージを形成するようにすることである。

この発明は、四角なコンバイナーに限定されるものではなく、前記改良によりコンバイナーの幅1004に限定が加えられない。視野のアスペクトレシオは、必要に応じインターフェース920, 921をワイドにすることで単純に変えられる。

図27は、例えば、拡散スクリーン、マイクロレンズアレイ、ファイバーオプティック・フェースプレート又は回折光学要素からなる光学要素515を導入させることにより光学リレイ520から放射された光線の視野が増大される実施例を示す。要素515は、イメージ面が一致するように面511に相対で配置され、要素515にイメージが形成される。リレイ510がコーヒレントのファイバーバンドルである場合については、要素515は、端面511に直接接着されるか、又は、該端面にエッチングされる。リレイ510がGRINイメージリレイである場合には、要素515は、リレイ510により作られるイメージの位置に配置される。リレイ510がレンズである場合、要素515は、レンズ



システムの焦点面におかれる。この方法においては、使用される要素又は要素の組み合わせのタイプに応じて、拡散、屈折又は回折メカニズムの一つ又は一つ以上によりピクセルズの視界を要素 515 が増大する。光学要素 515 がファイバーオプティック・フェースプレートである場合については、該フェースプレートの一方の面又は両面をカーブさせ、表示されるイメージのフィールド平坦性を改善する。

ここに記載した発明により、図 28 A と図 28 B とに示す眼鏡を作った。この実施例においては、メインレンズ 300 は、市販の眼鏡フレーム 830 内に内蔵させてある。メインレンズ 300 は、埋設された偏光ビームスプリットキューブ 801 と、埋設されたプリズム 1100 とを備え、これらは、アクティブマトリックス液晶ディスプレイ 320 からの光線を反射する。このディスプレイは、バックライト 1103 でバック照明され、該ディスプレイとバックライトは、ハウジング 1103 に納められている。該ディスプレイは、電子回路（図 28 A, 28 B には図示されていない）と電気的に接続されている。ディスプレイ 320 は、スペーサー 1101 に光学的に取り付けられ、該ディスプレイとレンズ 370 の面との間の媒体の屈折率が内部反射をなくすように比較的具合良くマッチングしているもので、該マテリアルズの屈折率は、1.4 から 1.6 のレンジにある。ディスプレイ 320 は、該ディスプレイからの偏光光線が前記キューブのインターフェースを殆ど通過せずにキューブ 801 による目への反射にとり良好な方向を向くように配置されている。正のパワーをもつシングルの平凸レンズであるレンズ 370 により、キューブ 801 からの光線のヴァージェンス（傾き、vergence）を下げ、かくしてユーザーが約 50 cm にあるヴァーチャルイメージを知覚できるようにする。負のパワーをもつシングルの平凹レンズであるレンズ 410 が周囲の光景からの光線を予め補正し、組み合わされたレンズ 370, 410 がヴァージェンス（傾き、vergence）が比較的なしに光線を送る。レンズ 410, 370 の相対パワーと間隔及び／又はこの発明において規定されているような多重レンズ（例えば、ダブレット）を最適に選択することにより、前記キューブを介して見る周囲の光景の全体の歪みを減らすものである。この実施例におけるメインレンズ 300（図 16 A における 934）の全体の厚さは、

6. 25mmである。

眼鏡フレーム830内にディスプレイシステムを完全に隠蔽させることは、バックライト1103とディスプレイ320とをハウジング内に納め、眼鏡フレームに内蔵させるため、これらをリパッケージングすることにより可能である。図29は、フラットなバックライト1110、ディスプレイ320及びプリズム1111を眼鏡のテンプル1112に内蔵し、ディスプレイを隠す方法を示す。さらに、レンズ370、410又は他の光学レンズ類は、図29に示すように、又は、前記のようにメインレンズ300内に埋設できる。センサーとレンズ（すなわちカメラシステム）をアイトラッキングシステムでできるように、付加できるもので、両者については、すでに述べてある。この実施例においては、メインレンズ300の外観は、二焦点レンズに似ている。図29は、単眼用機具を示す；しかしながら、左と右の二つのメインレンズ300は、両眼システムに用いられる。また、左のメインレンズ300は、ディスプレイシステムを内蔵し、右のメインレンズ300は、センサーシステムを内蔵できる。埋設された光学レンズ類は、サングラスのように、偏光フィルム、フォトクロミックフィルム、濃淡に色づけされたフィルム又は反射フィルムを使用して、存在を隠すことができる。その結果、眼鏡ディスプレイシステムは、ちょっと調べた限りでは、ディスプレイ、カメラ又はアイトラッカーがないこれまでの眼鏡の外観美をもつ。

この発明は、添付の請求の範囲に指示されたものを除き、特に示され、記載されたものに限定されるものではない。

#### 請求の範囲

1. ユーザーの目を使用するユーザーの頭部に装着する頭部装着イメージコンバイニング・レンズシステムであり、以下を備える頭部装着イメージコンバイニング・レンズシステム：

ユーザーの頭部により支持されるように構成された支持フレーム；

以下を備えるユーザーの目の前に前記支持フレームにより支持されるレンズシステム：

二つの光学面をもち、第1のレンズにより周囲の光が前記二つ

の光学面を通るように構成した少なくとも第1のレンズ；

前記第1のレンズ内に内部的に配置され、前記周囲の光から離れたイメージソースから光を受ける光路であり、前記第1のレンズの二つの光学面にそい、かつ、該光学面の間に配置された一部を少なくとも有する前記光路；及び

前記第1のレンズ内に内部的に配置されたインサートで、前記光路の少なくとも一部にそって送られる光を前記第1のレンズからユーザーの目へ再び向ける前記インサート；及び

前記光路のさらなる一部であって、前記支持フレームに支持され、前記イメージソースから前記レンズシステムの内部に配置された前記光路の一部へ光を向ける前記光路のさらなる一部。

2. 前記インサートは、屈折率を異にし、前記インサートにより分けられている二つの材料からなる請求項1のシステム。

3. 前記インターフェースは、前記二つの材料の間にエアーギャップを備える請求項2のシステム。

4. 前記インサートはビームコンバイナーからなる請求項1のシステム。

5. 前記ビームコンバイナーは、リバーサされたビームスプリッターからなる請求項4のシステム。

6. 前記インサートは、偏光ビームスプリッターからなる請求項1のシステム。

7. 前記インターフェースは、全部が内部反射する請求項1のシステム。

8. 前記インサートは、半透過ミラーからなる請求項1のシステム。

9. 前記インターフェースは、平らである請求項1のシステム。

10. 前記インターフェースは、カーブしていて、予め選んだ光学パワー提供する請求項1のシステム。

11. 見ようとするイメージを正しく位置させるために予め選択された角度で前記インターフェースが配置されている請求項1のシステム。

12. 前記インターフェースは、光路をスプリットする干渉コーティングを

含む請求項 1 のシステム。

13. 前記インサートは、ホログラフィコンバイナーからなる請求項 1 のシステム。

14. 前記レンズシステムは、さらに、前記インターフェースとユーザーの目との間の光路に配置された第 2 のレンズを備え、予め選択された拡大を行う請求項 1 のシステム。

15. 前記第 2 のレンズは、前記インサートからエアーギャップを介し離れ

ている請求項 14 のシステム。

16. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズと一体になっている請求項 14 のシステム。

17. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズに接着している請求項 14 のシステム。

18. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズにモールドされている請求項 14 のシステム。

19. 前記第 2 のレンズは、色収差を補正したレンズである請求項 14 のシステム。

20. 付加のレンズを備え、このレンズは、前記インサートと、前記付加のレンズを通る周囲の光線の一部との間にあって、前記周囲の光線が所望の拡大倍率をもつように前記第 2 のレンズの光学パワーに対抗するように予め選択された光学パワーをもつ請求項 14 のシステム。

21. 前記レンズシステムは、さらに、前記インターフェースとイメージソースとの間の光路に配置され、所望の拡大倍率になるように予め選択されている第 2 のレンズを備える請求項 1 のシステム。

22. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズからエアーギャップを介して離れている請求項 20 のシステム。

23. 前記第 2 のレンズは、前記第 1 のレンズと一体になっている請求項 20 のシステム。

24. 前記第2のレンズは、前記第1のレンズに接着している請求項20のシステム。

25. 前記第2のレンズは、前記第1のレンズにモールドされている請求項20のシステム。

26. 前記第2のレンズは、色収差を補正したレンズである請求項20のシステム。

27. 前記レンズシステムは、前記光路に配置され、所望の拡大を行い、レンズ収差を思い通りに補正するように予め選択されているさらに別のレンズセットを備える請求項1のシステム。

28. 別のインサートが前記第1のレンズの内部に配置され、この別のインサートは、前記インサートとイメージソースとの間に配置されて、前記光路の一部にあって前記イメージソースからの光線をユーザーの目へ再び向けるようにする請求項1のシステム。

29. 前記別のインターフェースは、全部が内部反射する請求項28のシステム。

30. 前記別のインサートは、ビームコンバイナーからなる請求項28のシステム。

31. 前記別のインサートは、ミラーからなる請求項28のシステム。

32. 前記別のインサートは、周囲の光線で前記イメージソースの照明を助けるように配置されているビームスプリッターからなる請求項28のシステム。

33. 前記別のインターフェースと前記イメージソースとの間の光路に配置されて、予め選択された拡大を行う別のレンズを備える請求項28のシステム。

34. 前記インサートと前記イメージソースとの間に配置され、前記光路の一部にあって前記イメージソースからの光線をユーザーの目へ再び向けるようにするミラーを備える請求項28のシステム。

35. 前記ミラーが前記第1のレンズのエッジに取り付けられている請求項34のシステム。

36. 前記光路における強烈なビームにより損傷されるように予め選択され

た熱伝導性をもつ MATERIAL の層をさらに含む請求項 34 のシステム。

37. 前記ミラーは、更に、強烈なビームが前記光路に焦点を結ばないように予め選択された熱膨張係数をもつ MATERIAL 層を含む請求項 34 のシステム。

38. 少なくとも一つの視野レンズが前記インサートと前記イメージソースとの間の光路の一部にそって前記第1のレンズ内に配置されている請求項1のシステム。

39. 前記インサートに近接して前記概ね対向の面の一方に配置されて、前記インサートを周囲の光線が通過するのを防ぐ不透明のディスクを備える請求項1のシステム。

40. 前記第1のレンズ内で、前記インサートと前記光学面の一方との間に配置されている反射要素をさらに備え、前記インターフェースは、前記イメージソースからの光線を前記反射要素へ再び向けるように反射し、さらに、前記反射要素から再反射又は送られる光線を前記対向の面の他方へ送るように透過性であり、これによって、ユーザーが空間にヴァーチャルイメージを知覚する請求項1のシステム。

41. 前記反射要素は、カーブしていて、前記反射要素からの反射光線の両眼転導を改めるようになっている請求項40のシステム。

42. 前記インサートは、ハーフシルバーめっきされたミラー又はビームスプリッターキューブからなる請求項40のシステム。

43. 前記インサートが偏光ビームスプリッターからなり、偏光ローテーターが前記反射要素と前記インサートとの間に配置されている請求項40のシステム。

44. 前記インターフェースに光学コーティングをさらに備える請求項40のシステム。

45. 前記反射要素に光学コーティングをさらに備える請求項40のシステム。

46. 前記第1のレンズ内で、前記インサートに近接して配置されている反射要素をさらに備え、前記インターフェースは、前記イメージソースからの光線

を透過し、前記反射要素からの光線を反射して、前記対向の面の一方へ光線を再び向け、これによって、ユーザーが空間にヴァーチャルイメージを知覚する請求項1のシステム。

47. 前記反射要素は、カーブしていて、前記反射要素からの反射光線の両眼転導を改めるようになっている請求項46のシステム。

48. 前記インサートは、ハーフシルバーめっきされたミラー又はビームスプリッターキューブからなる請求項48のシステム。

49. 前記インサートが偏光ビームスプリッターからなり、偏光ローテーターが前記反射要素と前記インサートとの間に配置されている請求項48のシステム。

50. 前記インターフェースに光学コーティングをさらに備える請求項46のシステム。

51. 前記反射要素に光学コーティングをさらに備える請求項46のシステム。

52. 光学的に前記レンズシステムと通じているビームスキャニングアセンブリーをさらに備える請求項1のシステム。

53. 前記インサートが前記光路の光をユーザーの目への代替光路へ再び向けて、視界を広くするように配置された二対のインターフェースを備える請求項1のシステム。

54. 前記第1のレンズの光学面の少なくとも一方にユーザーの視力を補正するように予め選択された曲率が設けられている請求項1のシステム。

55. 前記光路の別の部分の光線を前記光路の一部に再び向ける別のインターフェースをさらに備える請求項1のシステム。

56. 前記光路のさらなる部分がイメージリレイからなる請求項1のシステム。

57. 前記イメージリレイがレンズリレイからなる請求項1のシステム。

58. 前記イメージリレイがコヒーレントのオプティカルファイバーバンドルからなる請求項56のシステム。

59. 前記イメージリレイが屈折率分布型レンズイメージ導管からなる請求項56のシステム。

60. 前記イメージリレイと前記レンズシステムとに調節可能なマウントを取り付けて、前記光路の別のさらなる部分を前記光路の部分に結合した請求項56のシステム。

61. 前記調節可能なマウントは、前記支持フレームに取り付けられた第1のチューブと、前記イメージリレイの端部に摩擦係合して前記第1のチューブ内にスライド自由に受けられている第2のチューブとを備え、これによって、前記光路の別の部分が前記光路の部分に対し調節可能になっている請求項60のシステム。

62. 前記調節可能なマウントは、前記支持フレームに取り付けられる内部にねじがきつてあるチューブと、前記イメージリレイの端部に取り付けられ、前記内部にねじがきつてあるチューブに螺合される外部にねじがきつてあるチューブとを備え、これによって、前記光路の別の部分が前記光路の部分に対し調節可能になっている請求項60のシステム。

63. 前記イメージリレイは、出口端部を含み、該出口端部に近接して別のレンズが配置され、予め選択された光学パワーを供給するようになっている請求項56のシステム。

64. 前記イメージソースは、ユーザーの頭部の背後近くで前記支持フレームにより支持されている請求項1のシステム。

65. 前記イメージソースは、フラットパネル・アクティブマトリックス・エレクトロルミネッセントディスプレイからなる請求項64のシステム。

66. 前記イメージソースは、液晶ディスプレイからなる請求項64のシステム。

67. 前記インサートは、前記液晶ディスプレイのアナライザーとして機能するように配置された偏光ビームスプリッターからなる請求項66のシステム。

68. 前記第1のレンズ内に配置されて、前記イメージソースからユーザーの目へ前記光路の部分にそって光線を再び向ける偏光ビームスプリッターをさら



に備え、前記ビームスプリッターは、前記液晶ディスプレイのアナライザーとして機能するようにさらに配置された請求項 6 6 のシステム。

69. 前記イメージソースは、フラットパネル・フィールドエミッションディスプレイからなる請求項 6 4 のシステム。

70. 前記イメージソースは、陰極線管からなる請求項 6 4 のシステム。

71. 前記イメージソースは、発光ダイオードアレイからなる請求項 6 4 のシステム。

72. 前記イメージソースは、前記別の光路の入り口端部から異なる距離に位置する多重ディスプレイからなる請求項 6 4 のシステム。

73. 前記イメージソースと前記光路の別の部分との間のファイバーオプティックテーパー部が前記イメージソースからのイメージの寸法を前記光路の別の部分にマッチさせるようになっている請求項 6 4 のシステム。

74. 前記イメージソースと前記光路の別の部分との間に付加のレンズシステムをさらに備え、前記イメージソースからのイメージの寸法を前記光路の別の部分にマッチさせるようになっている請求項 6 4 のシステム。

75. 前記付加のレンズシステムがハウジング内に装着され、該ハウジングは、前記イメージソース、前記光路の別の部分及び前記レンズシステムの相対位置を調節して、イメージのフォーカッシングを行うように調節可能である請求項 1 のシステム。

76. 前記光路の別の部分は、少なくとも一つのミラーを含み、これで前記別の部分を折り曲げ可能にした請求項 1 のシステム。

77. 前記光路の部分に沿って第 1 のレンズ内に配置された対眼レンズと、前記光路の別の部分に沿って配置された対物レンズとを含み、前記対眼レンズと対物レンズの光学パワー及び位置が所望の焦点、拡大度合い及びコリメーションディスタンスを得られるように予め選択されている請求項 1 のシステム。

78. 前記別のインターフェースは、ミラー又はプリズムである請求項 5 5 のシステム。

79. 前記光路の別の部分に配置されていて、視界を広めるようになってい

る光学要素をさらに含む請求項1のシステム。

80. 前記光学要素が拡散スクリーン、マイクロレンズアレイ、ファイバーオプティック・フェースプレート又は回折光学要素からなる請求項79のシステム。

81. 前記光学要素が一方の面又は両面における曲率が前記イメージのフィールド平坦性を改良するように予め選択されているファイバーオプティック・フェースプレートからなる請求項79のシステム。

82. 前記光路にそってユーザーの目から戻る光線を受けるように位置しているセンサーをさらに備える請求項1のシステム。

83. ユーザーの周囲をとりまくものからの光線を受けるように位置しているセンサーをさらに備える請求項1のシステム。

84. 前記支持フレームは、眼鏡からなる請求項1のシステム。

85. 前記支持フレームは、フェースマスクである請求項1のシステム。

86. 前記支持フレームは、ダイバーのマスク、消防士の面覆い、宇宙飛行士の宇宙服マスク又は危険物ボディスーツのフェースマスクからなる請求項1のシステム。

87. コンピュータ回路が前記支持フレームに取り付けられ、前記イメージソースと通じていて、前記イメージソースが前記支持フレームのエッジに装着されている請求項1のシステム。

88. 前記コンピュータ回路と前記イメージソースとを隠すように配置されたハウジングをさらに備える請求項87のシステム。

89. 以下の構成を備える頭部装着イメージコンバイニングシステム：

ユーザーの頭部に支えられる輪郭になっている一対のレンズホルダーと一対のテンプルとを有する眼鏡フレーム；

前記眼鏡フレームに取り付けられたイメージソース；

ユーザーの一方の目の前で前記対になっているレンズホルダーの一方に眼鏡フレームで支持されている以下の構成のメインレンズ；

周囲の光線が前記メインレンズを介して概ね対向の面を通過す

るように構成されている二つの光学面；

前記メインレンズ内に埋設されて、前記メインレンズを介して  
前記二つの光学面に前記イメージソースから光線に向けるプリズム；

及び

前記プリズムからユーザーの目へ光線に向ける位置で前記メイン  
レンズに埋設のビームスプリッティングキューブ；及び

ユーザーの他方の目の前で対のレンズホルダーの他方に前記眼鏡フレ  
ームにより支持されている第2のレンズシステム。

90. 前記ビームスプリッティングキューブが偏光する請求項89のシステ  
ム。

91. 前記イメージソースがアクティブマトリックス液晶ディスプレイから  
なる請求項89のシステム。

92. 前記アクティブマトリックス液晶ディスプレイを照らすように配置さ  
れているバックライトをさらに備える請求項91のシステム。

93. 前記メインレンズは、前記ビームスプリッティングキューブとユーザ  
ーの目との間に配置されて、正のパワーを有するレンズと、前記ビームスプリ  
ッティングキューブと周囲の光景との間に配置されて、負のパワーを有するレン  
ズとを備える請求項89のシステム。

94. 前記対のテンブルの一方に取り付けられたハウジングをさらに備えて  
おり、前記イメージソースが前記ハウジング内に配置されている請求項89のシ  
ステム。

95. 前記メインレンズは、モールディング、キャストイング又はマシニン  
グにより一体成形されている請求項89のシステム。

96. 一对のレンズホルダーの一方にイメージソースを収納するようになって  
いる眼鏡フレーム用のレンズシステムであり、以下を備える該レンズシステ  
ム：

ユーザーの目の前で、一对のレンズホルダーの一方における眼鏡フレ

ームにより支持されるメインレンズであって、以下を備える該メインレンズ；

二つの光学面であり、前記メインレンズにより周囲の光が通過するように構成されている前記二つの光学面；

前記メインレンズの内部に内部配置されていて、周囲の光からセバレートされているイメージソースから光を受け、少なくとも一部が前記光学面にそい、かつ、それらの間にある光路；

前記ユーザーの目へ前記光路の一部から光を投射する位置で前記メインレンズ内に埋設され、前記光路の一部における光が透過するインターフェースを含む第1のインサート；

前記第1のインサートに近接して前記メインレンズ内に埋設されている反射要素であって、前記インターフェースが前記反射要素からの光を反射して前記光学面の一方に再投射し、これによりユーザーが空間にヴァーチャルイメージを知覚するようになる前記反射要素；及び

前記メインレンズ内に埋設されていて、前記イメージソースから前記二つの光学面の間の光路の部分へ光を投射するようになっている第2のインサート。

97. 前記第1のインサートが半透過ミラー、ビームスプリッターキューブ、偏光ビームスプリッター又は全反射ミラーからなる請求項98のレンズシステム。

98. 前記複数のインターフェースに光学コーティングをさらに備える請求項96のレンズシステム。

99. 前記インターフェースは、偏光ビームスプリッターからなり、前記メインレンズは、前記インターフェースと前記反射要素との間に配置された偏光ローテーターをさらに含む請求項96のレンズシステム。

100. 前記反射要素は、前記反射要素から反射された光線のヴァージェンス（傾き、vergence）を変えるようにカーブしている請求項96のレンズシステム。

101. 前記反射要素が光学コーティングをさらに備える請求項96のレンズ

システム。

102. 前記第2のインサートが前記光路の一部に光線を再投射する向きになっているさらなるインサートを備える請求項96のレンズシステム。

103. 前記第2のインサートが偏光ビームスプリッター、ミラー又はプリズムである請求項96のレンズシステム。

104. 以下を備える眼鏡：

ユーザーの目の前で一对のレンズを保持するように形成されたホルダー；

前記ホルダーに取り付けられ、各々がユーザーの耳にかけられるように形成されている一对のテンプル；

前記テンプルの一方に取り付けられているハウジング；及び

前記ハウジングに支持され、イメージソースからのイメージを前記ホルダーの一对のレンズの一方内に支持されたレンズシステムに向け前記ホルダーにおける一对のレンズの一方へ直接送るように機能する光路。

105. 前記光路は、イメージリレイを含む請求項104の眼鏡フレーム。

106. 前記イメージリレイは、レンズリレイ、コヒーレントオプティカルファイバーバンドル又は屈折率分布型レンズイメージ導管からなる請求項105の眼鏡フレーム。

107. 前記ハウジングが焦点調節できるように調節可能である請求項105の眼鏡フレーム。

108. 以下を備える頭部装着イメージコンバイニングシステム：

一对のレンズホルダーと、ユーザーの頭部に支持されるように形成されている一对のテンプルとを有する眼鏡フレーム；

前記眼鏡へ取り付けられるイメージソースからの光路；

ユーザーの目の前に前記一对のレンズホルダーの一方において前記眼鏡フレームにより支持されるメインレンズで、以下を備えるメインレンズ；

二つの光学面で、該二つの光学面を介して前記メインレンズに

より周囲の光を通過させるようになっている二つの光学面；

前記メインレンズ内に埋設されていて、前記メインレンズを介して前記イメージソースからの前記光路の光を前記二つの光学面の間に向けるインサート；

前記メインレンズ内に埋設されて、前記インサートからの光をユーザーの目へ投射する位置にある別のインサートであり、このインサートは、前記インサートからの光を透過するインターフェースを含むものであり；

前記別のインサートに近接して前記メインレンズに埋設された反射要素で、前記インターフェースは、さらに前記反射要素からの光を反射して、前記光学面的一方へ光を再投射し、これによって、ユーザーが空間におけるヴァーチャルイメージを知覚するもの；及びユーザーの目の前で前記一対のレンズホルダーの他方において、前記眼鏡フレームにより支持されている第2のレンズシステム。

109. 前記別のインサートは、部分透過ミラー、ビームスプリッターキューブ、偏光ビームスプリッターまたは全反射ミラーからなる請求項108のシステム。

110. 前記インターフェースは、偏光ビームスプリッターからなり、前記メインレンズは、前記インターフェースと前記反射要素との間に配置された偏光ローテーターをさらに含む請求項108のシステム。

111. 前記反射要素は、前記反射要素から反射された光のヴァージェンス（傾き、vergence）を変えるようにカーブしている請求項108のシステム。

112. 前記インサートは、全反射ミラーからなる請求項1のシステム。

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US97/17620

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) : G02B 27/14

US CL : 359/633, 630

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 359/633, 630, 631, 638, 639

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

APS

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*       | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.  |
|-----------------|--|--|
| X<br>-----<br>Y | US 4,082,432 A (KIRSCHNER) 04 April 1978, (04/04/78) figures 1 and 4, whole document | 1, 2, 4, 5 and 7-9<br>-----<br>6, 10, 11, 14, 16-18,<br>20, 23-25,<br>27-35, 38,<br>40-51, 53,<br>55-58, 65-76, 78-81, 84,<br>86 and 87N |
| A               | US 5,539,578 A (TOGINO et al) 23 July 1996 (07/23/96)                                |  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*B\* earlier document published on or after the international filing date

\*I\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\*

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\*

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\*

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*A\*

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 JANUARY 1998

Date of mailing of the international search report

23 FEB 1998

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

RICKY L. MACK  
Telephone No. (703) 305-6984

International application No.  
PCT/US97/17620

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A, P  | US 5,610,765 A (COLUCCI) 11 March 1997 (11/03/97)                                  |                       |
| A, P  | US 5,654,827 A (REICHERT) 05 August 1997 (05/08/97)                                |                       |



---

フロントページの続き

(81) 指定国            EP (AT, BE, CH, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L  
U, MC, NL, PT, SE), CA, JP, KR

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**